

XVIII Всероссийская научно-практическая конференция

# Цифровые технологии в образовании, науке, обществе 2024

МАТЕРИАЛЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Петрозаводск, 3—5 декабря 2024 года



ИЗДАТЕЛЬСТВО ПЕТРОЗАВОДСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

PETROZAVODSK STATE UNIVERSITY  
PRESS

2024

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации ■ Петрозаводский государственный университет ■ Московский международный университет ■ ООО «Интернет-бизнес-системы» ■ ООО «Ай-ФОРС» ■ ООО «СофтСноу»

## **ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ, ОБЩЕСТВЕ**

Материалы XVIII Всероссийской  
научно-практической конференции

Петрозаводск, 3–5 декабря 2024 года

Петрозаводск  
Издательство ПетрГУ  
2024

ISBN 978-5-8021-4248-6

© Коллектив авторов, 2024  
© Петрозаводский государственный университет, 2024

УДК 37  
ББК 74.0

Редакционная коллегия:  
*О. Ю. Насадкина* (отв. редактор),  
*М. Н. Иванов,*  
*С. А. Кадетова,*  
*А. Г. Марахтанов*

Ц752 Цифровые технологии в образовании, науке, обществе : материалы XVIII Всероссийской науч.-практ. конф. (Петрозаводск, 3–5 декабря 2024 года) / отв. ред. О. Ю. Насадкина ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Федер. гос. бюджет. образоват. учреждение высш. образования Петрозав. гос. ун-т. – Петрозаводск : Издательство ПетрГУ, 2024. – 1 CD-ROM. – Систем. требования: PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше; Microsoft Windows, MAC OSX; 256 Мб (RAM); Adobe Reader; дисковод CD-ROM. – Загл. с титул. экрана. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-8021-4248-6

Издание включает материалы XVIII Всероссийской научно-практической конференции, посвященной вопросам внедрения и использования современных цифровых технологий в образовании, науке, обществе. Тематика сборника: современная цифровая образовательная среда, технологии искусственного интеллекта для решения отраслевых задач, исследования и разработки в сфере ИТ, отечественное программное обеспечение, компьютерное и телекоммуникационное оборудование.

УДК 37  
ББК 74.0

Научное электронное издание  
Минимальные системные требования:  
PC, MAC с процессором Intel 1,3 ГГц и выше; Microsoft Windows,  
MAC OSX; 256 Мб (RAM); Adobe Reader; дисковод CD-ROM

© Коллектив авторов, 2024  
© Петрозаводский государственный университет, 2024

Научное электронное издание

**ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ  
В ОБРАЗОВАНИИ, НАУКЕ,  
ОБЩЕСТВЕ**

Материалы XVIII Всероссийской  
научно-практической  
конференции

(Петрозаводск, 3–5 декабря 2024 года)

Ответственный за выпуск *Т. В. Климюк*  
Электронная версия *Е. В. Петрова*  
Оформление обложки *А. А. Сироткин*

Подписано к использованию 29.11.2024.  
1 CD-R. 10,5 Мб. Тираж 100 экз. Изд. № 91

Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
ПЕТРОЗАВОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33

<https://petsu.ru>  
Тел.: (8142) 71-10-01

Изготовлено в Издательстве ПетрГУ  
185910, г. Петрозаводск, пр. Ленина, 33  
[URL: press.petsu.ru/UNIPRESS/UNIPRESS.html](https://press.petsu.ru/UNIPRESS/UNIPRESS.html)  
Тел./факс: (8142) 78-15-40  
[nvrahomova@yandex.ru](mailto:nvrahomova@yandex.ru)

## ПРОГРАММНЫЙ КОМИТЕТ

**Председатель – Коржов С. Т.***к.т.н., доцент, первый проректор ПетрГУ***Балашов Д. И.***к.ф.-м.н., директор физико-технического института ПетрГУ***Барский Е. Д.***начальник учебно-организационного управления ФГБНУ «Медицинский университет Петровского»***Богоявленский Ю. А.***к.т.н., зав. кафедрой информатики и математического обеспечения ПетрГУ***Егоркина Е. Б.***директор департамента информационных технологий АНОВО Московский международный университет***Ершова Н. Ю.***к.ф.-м.н., зав. кафедрой информационно-измерительных систем и физической электроники ПетрГУ***Иванов М. Н.***к.э.н., заместитель генерального директора ООО «СофтСноу»***Кипрушкин С. А.***зам. директора РЦНИТ ПетрГУ***Корзун Д. Ж.***к. ф.-м. н., доцент кафедры информатики и математического обеспечения ПетрГУ***Марахтанов А. Г.***директор ООО «Интернет-бизнес-системы», директор ЦИИ ПетрГУ***Насадкина О. Ю.***к.т.н., директор РЦНИТ ПетрГУ***Печников А. А.***д.т.н., к.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник Лаборатории математической кибернетики Института прикладных математических исследований КарНЦ РАН***Рогов А. А.***д.т.н., проф., зав. каф. теории вероятностей и анализа данных ПетрГУ***Светова Н. Ю.***к.ф.-м.н., директор института математики и информационных технологий ПетрГУ***Семёнов А. В.***к.ф.-м.н., доцент кафедры информационно-измерительных систем и физической электроники, начальник отдела сопровождения проектов ЦИИ ПетрГУ***Сытник А. А.***д.т.н., член-корр. РАО, проф., лауреат премии Президента РФ в области образования, зав. кафедрой Саратовского ГТУ им. Гагарина Ю.А.***Чельшев Н. Д.***к.т.н., директор по обучению ООО «Ай-ФОРС»*

## ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

**Председатель – Насадкина О. Ю.***к.т.н., директор РЦНИТ ПетрГУ***Зам. председателя – Марахтанов А. Г.***директор ЦИИ ПетрГУ***Ответственный секретарь – Кадетова С. А.***вед. специалист РЦНИТ ПетрГУ***Бодрякова А. С.***менеджер проектов ООО «Интернет-бизнес-системы»***Голубев Е. В.***зав. исследовательской лаборатории функционирования информационной инфраструктуры РЦНИТ ПетрГУ***Кипрушкин С. А.***зам. директора РЦНИТ ПетрГУ***Крупина Л.А.***программист РЦНИТ ПетрГУ***Романова А. А.***ведущий специалист ЦИИ ПетрГУ***Сафронова Л. М.***зам. гл. бухгалтера ПетрГУ***Семенов А. В.***к.ф.-м.н., доцент кафедры информационно-измерительных систем и физической электроники, начальник отдела сопровождения проектов ЦИИ ПетрГУ***Суворов И. О.***начальник отдела телекоммуникационных систем и сетевых технологий РЦНИТ*

## ПИКОВЫЙ ВОЗРАСТ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ М/М/1/1

© Алексеев А. С., Пешкова И. В.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
aalexeiev@bk.ru

Во многих системах передачи данных необходимо учитывать актуальность передаваемой информации. Для этого может использоваться такая метрика, как пиковый возраст информации. Мы рассматриваем простейшую модель, состоящую из одного сервера и источника, чтобы изучить поведение пикового возраста в этой системе.

**Ключевые слова:** пиковый возраст, возраст информации.

## THE PEAK AGE OF INFORMATION IN THE M/M/1/1 QUEUING SYSTEM

© Alekseev A. S., Peshkova I. V.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

In many data transmission systems, it is necessary to take into account the relevance of the transmitted information. For this, a metric such as the peak age of information can be used. We are considering a simple model consisting of a single server and a source to study the peak age behavior in this system.

**Key words:** peak age, age of information.

Информационные сети, состоящие из датчиков, канала связи и обрабатывающего устройства, широко распространены. В таких системах информация передается в виде пакета, состоящего из данных и метки времени, когда эти данные были получены. Одна из проблем указанных систем заключается в том, что они чувствительны к устареванию информации. Так, например, текущая стоимость актива на бирже перестает быть актуальной при любом изменении цены. Для оценивания актуальности информации в системе могут применяться различные метрики, такие как возраст информации и пиковый возраст.

Рассмотрим систему массового обслуживания М/М/1, состоящую из одного сервера и буфера неограниченной длины. Заявки, приходящие в систему, обслуживаются в порядке их поступления (FIFO). Входящий поток заявок задается распределением времени между поступлениями пакетов  $\tau$  и описывается экспоненциальным распределением с параметром  $\lambda$ . Распределение для времени обслуживания заявок  $s$  также описывается экспоненциальным распределением, но с параметром  $\mu$ . Введем  $t'_k$  – моменты времени, когда сообщения с обновлением статуса источника поступают на обрабатывающее устройство. В момент времени  $\xi$  номер последнего полученного сообщения будет выглядеть следующим образом:  $N(\xi) = \max\{k | t'_k \leq \xi\}$ , и метка времени последнего полученного сообщения  $u(\xi) = t_{N(\xi)}$ . Тогда возраст информации будем определять как

$$\Delta(t) = t - u(t). \#(1)$$

При изучении некоторых более сложных моделей будет удобна другая метрика, называемая пиковый возраст информации. Она характеризует максимальное значение возраста информации непосредственно перед получением нового обновления [4]. Пусть  $Y_i$  – время между поступлениями  $i$ -го сообщения, а  $T_i$  – соответствующее время в системе. Тогда пиковый возраст информации перед поступлением  $i$ -го сообщения

$$A_i = Y_i + T_i. \#(2)$$

Пиковый возраст информации по определению можно записать как  $A_i = Z_i + T_{i+1}$ :  $Z$  – время между поступлениями сообщений,  $T$  – время, которое заявки провели в системе и  $Z$  – время между уходами сообщений из системы. Отсюда можно получить, что

$$A = E[Z + T] = E[Z + W + S]. \#(3)$$

Обозначив через  $\psi_i$  событие, когда система пуста после  $i$ -й успешной передачи сообщения ( $\bar{\psi}_i$  – пакет покидает систему с сообщением в буфере), можно вывести условное распределение времени  $Z_i$  через свертку известных распределений  $f_Y(y) = \lambda e^{-\lambda y}$  и  $f_S(s) = \mu e^{-\mu s}$ :

$$f(z|\psi_{i-1}) = \int_0^z f_Y(y) f_S(z-y) dy = \int_0^z \lambda e^{-\lambda y} \mu e^{-\mu(z-y)} dy = \lambda \mu \int_0^z e^{-(\mu z + (\lambda - \mu)y)} dy$$

$$= \lambda \mu e^{-\mu z} \int_0^z e^{(\lambda - \mu)y} dy = \frac{\lambda \mu}{\mu - \lambda} (e^{-\lambda z} - e^{-\mu z}),$$

откуда  $E[Z_i|\psi_{i-1}] = \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu}$  и  $E[Z_i^2|\psi_{i-1}] = \frac{2(\lambda^2 + \lambda\mu + \mu^2)}{\lambda^2\mu^2}$ .

Условное время между отправлениями совпадает со временем обслуживания  $S_i$ , то есть  $f(z|\bar{\psi}_{i-1}) = \mu e^{-\mu z}$ , тогда  $E[Z_i|\bar{\psi}_{i-1}] = \frac{1}{\mu}$  и  $E[Z_i^2|\bar{\psi}_{i-1}] = \frac{2}{\mu^2}$ .

Переменные  $Z_i$  и  $T_{i-1}$  не зависят от события  $\psi_{i-1}$ , что позволяет записать математическое ожидание

$$E[T_{i-1}Z_i] = P(\psi_{i-1})(E[Z_i|\psi_{i-1}]E[T_{i-1}|\psi_{i-1}]) + P(\bar{\psi}_{i-1})(E[Z_i|\bar{\psi}_{i-1}]E[T_{i-1}|\bar{\psi}_{i-1}]).$$

Таким образом, можно получить общее распределение для пикового возраста:

$$f(\alpha) = P(\psi_{i-1})f(\alpha|\psi_{i-1}) + P(\bar{\psi}_{i-1})f(\alpha|\bar{\psi}_{i-1}). \#(4)$$

Рассмотрим систему M/M/1/1, в которой отсутствует буфер. Эта система представляет собой цепь Маркова с двумя состояниями: сервер может быть либо занят, либо свободен. Вероятности каждого состояния системы  $p_0 = \frac{\mu}{\lambda + \mu}$  и  $p_1 = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}$ . Вероятность того, что  $i$ -й пакет покинет пустую систему при отправлении  $P(\psi_{i-1}) = 1$ . Уравнение (4) для пикового возраста дает следующее выражение:

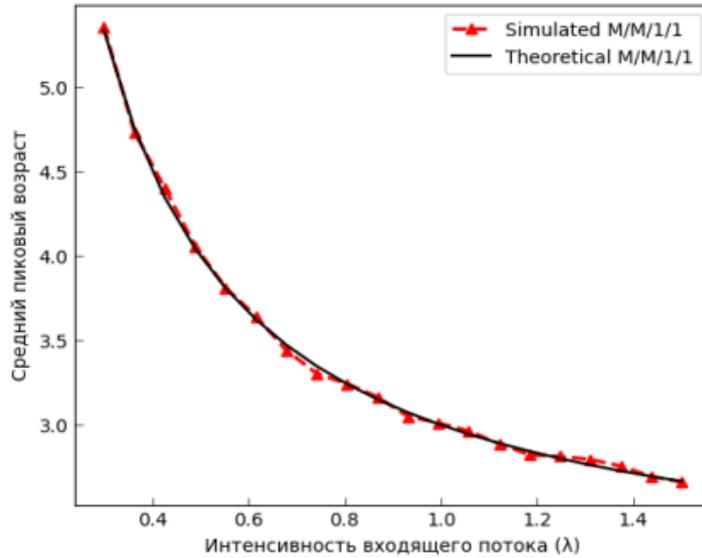
$$f(\alpha|\psi_{i-1}) = f(t|\psi_{i-1}) * f(z|\psi_{i-1}) = \lambda \left( \frac{\mu}{\lambda - \mu} \right)^2 (e^{-\lambda \alpha} - e^{-\mu \alpha} + (\lambda - \mu) \alpha e^{-\mu \alpha}).$$

Тогда вероятность того, что пиковый возраст не превысит пороговое значение

$$P(A > \alpha) = \left( \frac{\mu}{\lambda - \mu} \right)^2 e^{-\lambda \alpha} + \left( 1 - \left( \frac{\mu}{\lambda - \mu} \right)^2 \right) e^{-\mu \alpha} + \frac{\lambda \mu}{\lambda - \mu} \alpha e^{-\mu \alpha}.$$

Формула для среднего пикового возраста в системе M/M/1/1 имеет следующий вид:

$$A_{M/M/1/1} = E[Z + T] = E[Z + W + S] = \frac{1}{\mu} + \frac{1}{\lambda} + \frac{1}{\mu} = \frac{1}{\lambda} + \frac{2}{\mu}.$$



### Библиографический список

1. Kosta A., Pappas N., Angelakis V. Age of information: A new concept, metric, and tool. *Foundations and Trends® in Networking*, 12:162–259, 2017.
2. Costa M., Codreanu M., Ephremides A. (2015). On the Age of Information in Status Update Systems with Packet Management. *IEEE Transactions on Information Theory*. 62. 10.1109/TIT.2016.2533395
3. Kesidis G., Konstantopoulos T., Zazanis, M. (2019). The distribution of age-of-information performance measures for message processing systems. 10.48550/arXiv.1904.05924
4. Гриценко Н. Ю., Левкович К. А., Матюшенко С. И. Исследование пикового возраста информации в двухфазной системе массового обслуживания: Материалы Всероссийской конференции с международным участием. Москва: Российский университет дружбы народов им. П. Лумумбы, 2024.

## ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ НА ПРИМЕРЕ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

© Алексеев Т. А., Щеголева Л. В.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
Trofim357@gmail.com, schegoleva@petsu.ru

В докладе рассматривается возможность применения виртуальных датчиков на производстве в горной промышленности. Приводятся примеры математических моделей, на основе которых формируются виртуальные датчики, а также области их применения. За счет использования виртуальных датчиков предполагается возможность замены физических датчиков, PID регуляторов и потенциальное использование для предсказания состояний системы.

**Ключевые слова:** виртуальные датчики, моделирование, прогнозирование, автоматизация.

## OVERVIEW OF THE POSSIBILITIES OF USING SOFT SENSORS IN THE MINING INDUSTRY

© Alekseev T. A., Shchegoleva L. V.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The report overviews the possibility of using soft sensors in mining industry. There are examples of mathematical models on the basis of which soft sensors, as well as areas of their application. The use of soft sensors suggests the possibility of replacing physical sensors, PID controllers and potential use for predicting of system states.

**Key words:** soft sensors, modeling, forecasting, automation.

Для контроля и оптимизации производственных процессов используются специальные датчики. Высокая стоимость или невозможность физической установки датчика на оборудование ограничивают их применимость. Для решения этой проблемы можно использовать виртуальные датчики.

Виртуальные датчики могут строиться на основе математической модели процесса, связанной с необходимым измерением. Рассмотрим в качестве примера переработку руды в горной промышленности. Возьмем небольшую часть производственной цепочки: вход в виде пульпы, дробилка и выход в виде пульпы. В ходе дробления меняется гранулометрический состав, который требуется отслеживать. Для того чтобы физически его измерить, необходимо установить дорогостоящее оборудование до и после дробилки. Однако применив математическую модель дробления, например описанную в [1], можно использовать результаты расчетов, полученных на ее основе, для нахождения необходимых данных, смоделировав таким образом показания с датчика. Основываясь на модели дробления, можно рассчитать параметры, такие как гранулометрический состав потока, процент содержания твердого вещества в пульпе, скорость, объем, массу и другие. Эти данные могут заменить показания с физических датчиков и формировать необходимую информацию о состоянии системы.

В качестве другого примера, рассмотрим дробилку типа «мельница». При ее работе важно соблюсти баланс между эффективным (быстрым) дроблением материала и минимизацией износа оборудования. Принцип работы дробилки основан на вращении мельницы, внутри которой специальные шары ударяются об руду и тем самым дробят ее. При этом, если шары падают в зону, не заполненную пульпой из руды, износ оборудования происходит быстрее. Измерить угол и траекторию падения этих шаров напрямую невозможно. Но, благодаря косвенным измерениям и моделированию работы мельницы, ее можно предсказать, а следовательно, можно контролировать. Этот контроль позволяет в реальном времени регулировать входные параметры (количество руды на вход, скорость вращения и т. п.) для поддержания процесса дробления в оптимальном состоянии.

Таким образом, использование виртуальных датчиков помогает не только заменить некоторые физические датчики, что сокращает стоимость обслуживания, но и предсказывать результаты некоторых процессов. Применение виртуальных датчиков на производстве уже практикуется и позволяет снижать расходы, повышать точность и надежность. Доработка математических моделей, позволит не только обрабатывать и контролировать больший набор параметров, заменив собой физические

датчики, но и предсказывать результаты процессов в реальном времени. Так, например теоретически можно рассчитать PSD (распределение частиц по размерам), которое представляет собой список значений или математическую функцию, определяющие относительное количество присутствующих частиц в зависимости от их размера [2]. Также, улучшение модели, позволит заменить PID регуляторы более точными и быстрее адаптирующимися под изменения виртуальными датчиками, поскольку, имея модель поведения процесса, можно гораздо точнее предсказать его реакцию на изменения. Это позволит быстрее вывести процесс на требуемый уровень работы чем это сделал бы PID регулятор, т. к. он вносит изменения постепенно и ждет реакции системы, а не может ее предсказать.

#### Библиографический список

1. Napier-Munn T. J., Kruttschnitt J. (1996), Mineral Comminution Circuits: their Operation and Optimisation, JKMRС.
2. Распределение частиц по размерам. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/>

## ПОСТРОЕНИЕ ОЦЕНКИ РАССТОЯНИЯ ДО ТЕКСТОВОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

© Антонов И. А., Богоявленская О. Ю.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

[apevil25@gmail.com](mailto:apevil25@gmail.com)

Навигация внутри помещения использует ряд технологий, предполагающих установку дополнительного оборудования как внутри самого помещения, так и на мобильных, в том числе автономных, устройствах. В настоящей работе предложен метод оценки расстояния до текстового объекта, сочетающий методы распознавания текста, геометрические и регрессионные методы. Метод может быть использован для решения задач позиционирования.

**Ключевые слова:** навигация внутри помещения, позиционирование, оценка расстояние, распознавание текста.

## EVALUATION OF THE DISTANCE TO A TEXT OBJECT FOR INDOOR POSITIONING

© Antonov I. A., Bogoiavlenskaia O. I.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

Indoor navigation uses a set of techniques assuming placement of the hardware across a building and on a mobile possibly autonomous devices. This work proposes a method which evaluates the distance to a text object combining text recognition, geometry and regression methods. The method could be used for indoor positioning.

**Key words:** indoor navigation, positioning, distance, text recognition.

В закрытых пространствах, таких как офисные здания, торговые центры и аэропорты, система GPS как правило неэффективна, так как спутниковые сигналы значительно ослабевают или полностью блокируются. Поэтому актуальны альтернативные подходы к внутренней локализации, способные обеспечивать точную ориентацию мобильных устройств без значительных изменений в аппаратном обеспечении инфраструктуры. В работе предложен метод, основанный на применении компьютерного зрения для оценки расстояния до визуальных маркеров, таких как типичные текстовые указатели (Выход, Exit). Метод может применяться для автоматической ориентации мобильных устройств внутри помещений.

В качестве основного инструмента для распознавания текста в разработке используется библиотека Tesseract OCR. Подход основан на предварительной обработке изображения, что позволяет обеспечить высокую точность распознавания текста в условиях значительных искажений, вызванных условиями освещения или угла съемки. Ключевые этапы алгоритма:

1. Предварительная обработка изображений: преобразование в оттенки серого, фильтрация шума с помощью размытия, что позволяет избавиться от мелких артефактов, затрудняющих распознавание.
2. Выделение контуров текста и их фильтрация по размеру, исключая мелкие элементы, которые могут быть помехой для распознавания текста
3. Коррекция перспективы применяется к контурным областям, которые образуют прямоугольные фигуры. Это позволяет свести к минимуму искажения и сделать текст «более читаемым» для OCR.
4. Распознавание текста с помощью Tesseract OCR.  
Распознанные текстовые данные служат для определения местоположения устройства.



Одним из ключевых аспектов внутренней локализации является определение расстояния до текстового объекта. Для этого используется формула, основанная на принципах перспективной геометрии: известно фактическое значение высоты текстовой метки, а также её размер на изображении и фокусное расстояние камеры. На основе этих параметров можно вычислить расстояние до объекта, что значимо при навигации в условиях ограниченного пространства.

Расстояние  $D$  от камеры до маркера вычисляется по формуле:

$$D = \frac{H_{real} \cdot f}{H_{image}}$$

где  $D$  – расстояние от камеры до таблички;  $H_{real}$  – реальная высота таблички;  $H_{image}$  – высота таблички на изображении;  $f$  – фокусное расстояние камеры.

Кроме прямых вычислений для оценки расстояния применяются регрессионные функции, построенные по экспериментальным данным, определяющим соответствие между величинами  $H_{image}$  и  $D$ .

Результаты тестирования показывают, что метод оценки расстояния до текстовых объектов является эффективным средством внутренней навигации мобильных устройств. Применение методов предварительной обработки и коррекции перспективы позволяет повысить точность распознавания и минимизировать искажения, связанные с неравномерным освещением и углом съемки.

Разработанный метод демонстрирует высокую точность в условиях реальных помещений, а применяемые методы обработки изображений позволяют эффективно выделять текстовые метки и использовать их для определения местоположения. Дальнейшее совершенствование алгоритмов, интеграция гибридных методов и оптимизация процесса распознавания могут сделать данное решение важным элементом современных навигационных систем.

### Библиографический список

1. A Technical Review on Text Recognition from Images [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.researchgate.net/publication/274838198>
2. OpenCV Documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial\\_py\\_root.html](https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial_py_root.html)
3. Pytesseract Documentation [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://pypi.org/project/pytesseract/>
4. How to Build Custom Deep Learning Based Optical Character Recognition (OCR) models? [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://nanonets.com/blog/attention-ocr-for-text-recognition/>
5. RESEARCH AND DEVELOPMENT OF TEXT RECOGNITION SYSTEM [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://applied-research.ru/en/article/view?id=13075>
6. Optical Character Recognition (OCR) [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://paperswithcode.com/task/optical-character-recognition>

## ТАКСАЦИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

© Афанасьева В. В., Кулаков К. А.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
*vichka.privalova.05@mail.ru, kulakov@cs.petrso.ru*

В условиях растущей необходимости в эффективном управлении лесными экосистемами и устойчивом использовании природных ресурсов, таксация леса становится важной задачей, требующей инновационных подходов. В работе рассматриваются традиционные методы таксации лесных ресурсов, а также современные технологии ИИ, такие как машинное обучение и компьютерное зрение, которые могут значительно повысить точность и скорость оценки лесных запасов. Особое внимание уделено использованию дронов для сбора информации о состоянии лесов и алгоритмам обработки и анализа этих данных. Экспериментальная часть работы включает применение разработанных моделей ИИ для автоматизации процессов таксации. Заключение подчеркивает значимость внедрения ИИ в практику лесного хозяйства и предлагает рекомендации для дальнейших исследований и практического применения полученных результатов.

**Ключевые слова:** таксация лесных ресурсов, искусственный интеллект, машинное обучение, компьютерное зрение, управление лесами.

## TAXATION OF FOREST RESOURCES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

© Afanasyeva V. V., Kulakov K. A.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

In the face of increasing demand for efficient management of forest ecosystems and sustainable use of natural resources, forest taxation becomes an important task requiring innovative approaches. The paper examines traditional methods of forest resource taxation as well as modern AI technologies such as machine learning and computer vision, which can significantly improve the accuracy and speed of assessing forest stocks. Particular attention is paid to the use of drones to gather information on the condition of forests and to algorithms for processing and analyzing this data. The experimental part of the work involves applying developed AI models to automate taxation processes. The conclusion emphasizes the significance of implementing AI in forestry practices and provides recommendations for further research and practical application of the findings.

**Key words:** forest resources taxation, artificial intelligence, machine learning, computer vision, forest management.

Тема таксации лесов является важной частью лесного хозяйства и управления лесными ресурсами. Таксация леса представляет собой процесс оценки количественных и качественных характеристик лесных насаждений для определения их продуктивности, объема древесины, состояния и других параметров. В последнее время наблюдается значительное развитие цифровых технологий, которые значительно упрощают и оптимизируют этот процесс.

Применение современных технологий в таксации леса позволяет существенно повысить точность и эффективность этого процесса. Основные преимущества использования цифровых методов включают:

- исключение человеческого фактора при измерениях;
- уменьшение стоимости и времени проведения таксации;
- возможность обследования труднодоступных участков;
- создание цифровых копий насаждений для эффективного управления.

Оценка запасов древесины является одной из ключевых задач таксации. Она может осуществляться различными методами, такими как:

1. Метод пробных площадей – заключается в выборе репрезентативных участков леса (пробных площадок), где проводится детальная оценка количества и качества древесины. Результаты экстраполируются на всю площадь леса.

2. Методы математического моделирования – используются для прогнозирования роста и развития леса на основе статистических моделей и исторических данных.

3. Использование ГИС-технологий – позволяет интегрировать данные дистанционной съемки и полевые измерения в единую систему для создания карт и анализа пространственного распределения лесных ресурсов. При этом, с развитием технологий, особенно выделяется использование дронов для создания высококачественных ортофотопланов и анализа данных воздушного лазерного сканирования (ALS) и наземного лазерного сканирования (TLS).

В качестве исходных данных были использованы результаты сбора ортофотопланов для местностей республики Карелия и г. Петрозаводска: Кивач, Губернаторский Парк и Парк Победы. Полученные ортофотопланы были вручную размечены с определением 14 видов деревьев.

Подготовка данных для анализа осуществлялась с помощью LiDAR 360 и Forestry модулей. LiDAR 360 представляет собой комплексное программное обеспечение для постобработки облаков точек, включающее инструменты для эффективной визуализации и управления геопространственными данными. Forestry модуль этого пакета предлагает специальные инструменты для выделения деревьев и анализа данных ALS и TLS. Однако стоит отметить, что данные технологии описывают только внешние границы объектов, образуясь путем отражения луча лазерного сканера от поверхности.

Для обработки изображений был выбран подход с использованием нейронных сетей для распознавания изображений с дрона. Для построения модели была применена комбинация сверточной и полной многослойной нейронной сети. Сверточная нейронная сеть помогает определить важные признаки объектов, а многослойный перцептрон с использованием функции активации позволяет классифицировать изображение к одному из выбранных классов.

Модель U-Net представляет собой эффективный подход к решению задач семантической сегментации. Её простая структура и гибкость позволяют легко адаптировать ее под различные задачи и размеры входных данных.

Эта модель U-Net может быть применена к различным задачам семантической сегментации, таким как:

- обнаружение объектов в изображениях;
- сегментация медицинских изображений;
- классификация изображений по категориям.

В результате обучения модели на 10 эпохе была получена наилучшая точность распознавания (см. рис.1). Результат работы модели показан на рисунке 2.

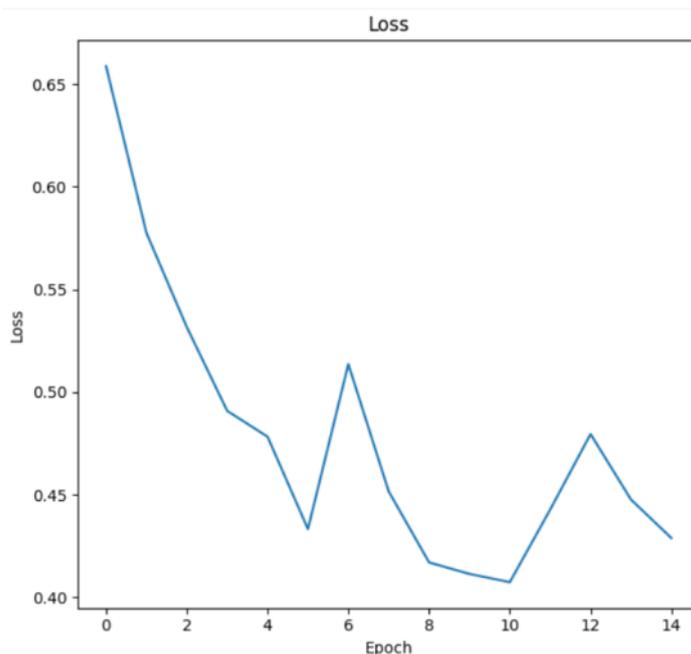
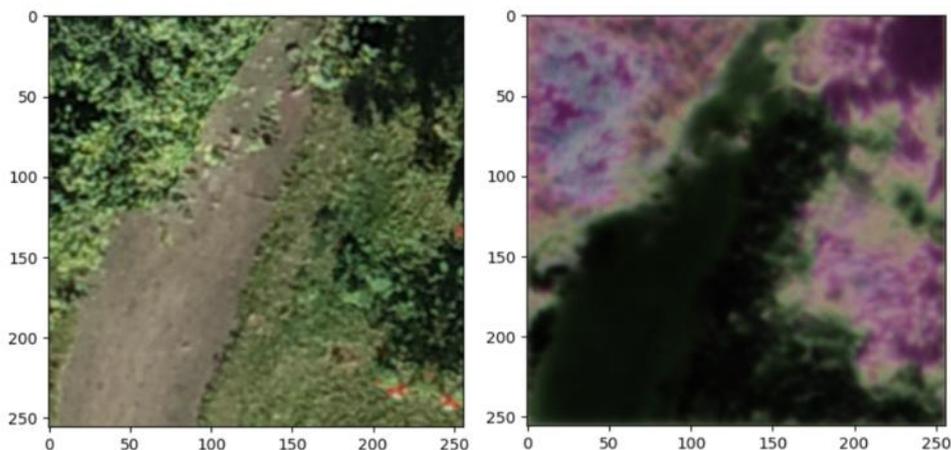


Рис. 1. График значения потерь обученной модели



**Рис. 2. Пример обработки ортофотоплана с помощью нейронной сети**

Использование цифровых технологий и машинного обучения в таксации леса открывает новые возможности для оптимизации процесса и повышения его эффективности. Применение нейронных сетей для распознавания изображений с дрона демонстрирует перспективность интеграции искусственного интеллекта в управление лесным хозяйством. Результаты данного исследования могут служить основой для дальнейшего развития инновационных методов в области таксации и управления лесами.

#### **Библиографический список**

1. Рыжков О. В., Рыжкова Г. А. Использование методов геоинформационного картографирования для изучения древесной растительности лесостепных экосистем Центрально-Черноземного заповедника // Вопросы лесной науки. 2019. Т. 2. № 3. С. 1–50.
2. Новиков В. В. Воздушное лазерное сканирование на базе БПЛА для изучения объектов археологии в Европейской части России / В. В. Новиков // Поволжская Археология. 2022. № 1 (39). С. 232–246. DOI: 10.24852/ра2022.1.39.232.246. EDN RLCSJC.
3. Марков Н. Г. и др. Модели U-Net для семантической сегментации поврежденных деревьев сосны сибирской кедровой на снимках с БПЛА // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2022. Т. 19. № 1. С. 65–77.

## **О ЗАДАЧЕ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАМЕР ДЛЯ СИСТЕМ СИТУАЦИОННОЙ ВИДЕОАНАЛИТИКИ**

© Баженов Н. А., Корзун Д. Ж.

Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
bazhenov@cs.petsu.ru

Исследуется метод конфигурирования параметров камер для систем ситуационной видеоаналитики. Предложена модель выбора и настройки параметров камер, таких как разрешение, количество кадров в секунду, битрейт и весовой коэффициент. Проведена оценка влияния параметров конфигурирования камер на ресурсы сети и вычислительные ресурсы сервера. Приводятся примеры входных и измеряемых параметров, рассматриваются ограничения на нагрузку вычислительных и сетевых ресурсов для улучшения работоспособности системы. Для обеспечения эффективной передачи видеоданных используются методы сжатия данных и адаптивные методы управления видеопотоками.

**Ключевые слова:** системы видеонаблюдения, видеоаналитика, проблема разработки систем ситуационной видеоаналитики, конфигурирование параметров.

## ON THE TASK OF CONFIGURING CAMERA PARAMETERS FOR SITUATIONAL VIDEO ANALYTICS SYSTEMS

© Bazhenov N. A., Korzun D. G.

Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The paper investigates a method for configuring camera parameters for situational video analytics systems. A model for selecting and configuring camera parameters, such as resolution, frames per second, bit rate, and weighting coefficient, is proposed. The impact of camera configuration parameters on network resources and server computing resources is assessed. Examples of input and measured parameters are given, and limitations on the load of computing and network resources are considered to improve system performance. Data compression methods and adaptive video stream management methods are used to ensure efficient transmission of video data.

**Key words:** video surveillance systems, video analytics, problem of video analytics system development, configuring parameters.

Видеонаблюдение и системы ситуационной видеоаналитики становятся неотъемлемой частью систем безопасности, позволяя оперативно фиксировать события и анализировать полученные данные в режиме реального времени [1]. Современные системы базируются на алгоритмах распознавания, поддерживаемых искусственным интеллектом (AI) и интернетом вещей (IoT), что значительно расширяет возможности систем для детектирования и анализа изображений. В предыдущей работе [2] предложена модель событий для данных видеонаблюдения, архитектура для обработки данных, а также предложен подход, ориентированный на события, который позволяет повысить точность и производительность таких систем. Показано, что системы видеонаблюдения могут использовать различные модели для распознавания объектов, распознавания лиц и определения активности, что делает их востребованными в умных системах ситуационной видеоаналитики.

Одной из ключевых задач в системах ситуационной видеоаналитики является управление передачей и обработкой потоков данных в условиях ограниченной пропускной способности сети и высоких требований к вычислительным ресурсам [3]. Целью данной работы является исследование и улучшение конфигурации систем видеонаблюдения, включая такие параметры, как разрешение, кадровую частоту, битрейт и весовой коэффициент камер, характеристики сети и сервера. Конфигурация этих параметров необходима для обеспечения баланса между требуемым качеством обработки видео и имеющимися возможностями вычислительных и сетевых ресурсов. Далее, на основе существующих методов, предлагается построить модель конфигурирования, учитывающую различные параметры камер, локальной и глобальной сети и сервера с имеющимися вычислительными ресурсами.

Исследование [4] решает проблему гетерогенности сетевых спецификаций и требований пользователей, предлагая адаптивную лестницу битрейта для оптимизации потоковой передачи видео, что позволяет снизить нагрузку на сети и вычислительные ресурсы за счет использования обучаемых моделей для прогнозирования оптимальных параметров битрейта, что позволяет минимизировать артефакты компрессии и буферизацию.

В [5] обсуждаются достижения в области видеокodирования с появлением стандартов HEVC и VVC, которые обеспечивают сокращение битрейта на 50 % по сравнению с предыдущими стандартами и могут поддерживать контент, требующий высокой точности отображения, включая 360-градусные видео и медиа с высокой динамической яркостью.

Кроме того, быстрое развитие мультимедийного интернета вещей (IoMT) требует разработки методов обработки мультимодальных потоков данных. В исследовании [1] предложена нейронно-символическая парадигма для обработки событий в реальном времени с использованием мультимодальной обработки событий (MEP). Этот подход позволяет обрабатывать видеопотоки с высокой пропускной способностью и минимальными задержками, обеспечивая возможность обработки до 45 кадров в секунду.

В отличие от существующих решений, которые часто предполагают использование стандартных настроек, подход, предложенный в данной работе, позволяет настраивать параметры видеокамер, сети и сервера для достижения баланса между качеством изображения и эффективностью использования ресурсов.



**Рис. 1. Модель конфигурирования системы ситуационной видеоаналитики для параметров камер, сети и сервера**

Предлагаемая модель конфигурации системы ситуационной видеоаналитики с ключевыми параметрами представлена на рисунке 1. Стандартное конфигурирование камер (например, от производителя Hikvision) включает параметры разрешения ( $R_i$ ), количества кадров в секунду ( $F_i$ ), битрейта ( $B_i$ ). Эти параметры фиксируются исходя из web-систем камер или из паспорта камер и впоследствии могут быть изменены на другие значения, исходя из имеющихся ресурсов. В том числе, для каждой из камер предлагается ввести параметр весового коэффициента ( $W_i$ ), означающий важность камеры и влияющий на ее приоритет обработки. Эти параметры влияют на качество и объем передаваемого видеоконтента, что требует сбалансированного подхода к их настройке. Например, в работе [3] подчеркивается необходимость использования адаптивных моделей битрейта для минимизации нагрузки на сеть без ухудшения качества изображения.

Пропускная способность сети, максимальный битрейт и количество поддерживаемых камер – это параметры, которые определяют возможности сети для передачи потоковых видеоданных. Наше предыдущее исследование [2] описывает аппаратно-программные архитектуры для обработки видеоданных, включающие проблемы, связанные с высокой нагрузкой сети при передаче видео высокого разрешения. Модель учитывает ограничения по максимальной суммарной нагрузке потоков  $B_{total}$ , что позволяет предотвратить перегрузку сети.

В локальной сети (LAN) учитываются пропускная способность канала  $BW_{lmax}$  и максимальный битрейт роутера  $B_{lmax}$ . Эти параметры играют важную роль в распределении потока видео от камер к серверам обработки. В исследовании [1] рассматриваются методы управления потоками данных в условиях высокой загрузки сети, что помогает минимизировать задержки и обеспечивать поддержку высоких скоростей потока данных. В рамках нашего подхода предлагается рассчитывать суммарную нагрузку потоков исходя из битрейта каждой видеокamеры и пропускной способности интернета или роутера:  $B_{total} \leq B_{max}$ , где  $B_{total} = B_1 + B_2 + \dots + B_{N_c}$ .

Серверные параметры, такие как мощность процессора и возможности графических ускорителей могут быть сконфигурированы таким образом, чтобы обеспечить наиболее быстрый и качественный анализ видеоданных. Исследования в области видеокодирования, такие как работа [3] подчеркивают значимость современных стандартов, которые снижают битрейт и позволяют эффективно обрабатывать контент, требующий высокой вычислительной мощности, включая многослойные и многовидовые кодировки, что может быть полезным при разработке системы видеоаналитики.

Серверные мощности определяются числом кадров, обрабатываемых процессором  $U_{cpu}^{thr}$  и видеокартой  $U_{gpu}^{thr}$ . Суммарная нагрузка на вычислительные ресурсы процессора определяются исходя

из ограничения  $U_{cpu}^{total} \leq U_{cpu}^{thr}$ , где  $U_{cpu}^{total} = \sum_{i=1}^{N_c} U_{N_c} \cdot ; U_{N_c} = U_{cpu}^{fps} * F_1 * W_1 + U_{cpu}^{fps} * F_2 * W_2 + \dots +$

$U_{\text{cpu}}^{\text{fps}} * F_{N_c} * W_{N_c}$ . Объемы оперативной памяти  $V_{\text{ram}}^{\text{thr}}$  и жесткого диска  $V_{\text{hd}}^{\text{thr}}$  определяются исходя из ограничений  $V_{\text{ram}}^{\text{thr}} \leq V_{\text{ram}}^{\text{total}}$  и  $V_{\text{hd}}^{\text{thr}} \leq V_{\text{hd}}^{\text{total}}$ . Эти параметры позволяют избежать перегрузок и поддерживать высокую производительность обработки.

Предложенная модель конфигурирования системы ситуационной видеоаналитики может быть оптимизирована путем выбора параметров, которые сбалансируют качество передачи и обработку данных. Например, оптимизация битрейта для каждого канала и настройка параметров процессора и видеокарты позволят снизить нагрузку на сеть и серверы. Предложенные в работе методы, такие как адаптивная настройка параметров сети и использование методов глубокого обучения для предсказания нагрузки могут значительно повысить общую производительность системы.

Результаты исследования, представленные в работе, позволяют достичь значительного улучшения в эффективности использования ресурсов для настройки параметров камер в рамках создания систем ситуационной видеоаналитики. Предложенная модель конфигурирования может быть успешно применена в различных прикладных областях, таких как цифровизация производства, умные города и умные дома, где требуется оперативный анализ больших объемов видеоданных.

**Поддержка исследований.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-11-20040 (<https://rscf.ru/project/22-11-20040/>), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).

### Библиографический список

1. Curry E., Salwala D., Dhingra P., Pontes F. A. and Yadav P. Multimodal Event Processing: A Neural-Symbolic Paradigm for the Internet of Multimedia Things, in IEEE Internet of Things Journal. Vol. 9. No. 15. P. 13705–13724. Aug. 1, 2022. DOI: 10.1109/JIOT.2022.3143171
2. Bazhenov N., Rybin E., and Korzun D. An event-driven approach to the recognition problem in video surveillance system development, in 2022 32nd Conference of Open Innovations Association (FRUCT), 2022. P. 65–74.
3. Azatbekuly N., Mukhanbet A. and Bekele S. D. Development of an Intelligent Video Surveillance System Based on YOLO Algorithm, 2024 IEEE 4th International Conference on Smart Information Systems and Technologies (SIST), Astana, Kazakhstan, 2024. P. 498–503. DOI: 10.1109/SIST61555.2024.10629617
4. Katsenou A. V., Sole J. and Bull D. R. Efficient Bitrate Ladder Construction for Content-Optimized Adaptive Video Streaming, in IEEE Open Journal of Signal Processing, 2021. Vol. 2. P. 496–511. DOI: 10.1109/OJSP.2021.3086691
5. Bross B., Chen J., Ohm J. -R., Sullivan G. J. and Wang Y. -K. Developments in International Video Coding Standardization After AVC, With an Overview of Versatile Video Coding (VVC), in Proceedings of the IEEE. Vol. 109. No. 9. P. 1463–1493. Sept. 2021. DOI: 10.1109/JPROC.2020.3043399

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ВОПРОСОВ И ВАРИАНТОВ ОТВЕТОВ

© Балашов А. А.<sup>1</sup>, Арыков С. Б.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Новосибирский государственный технический университет, <sup>2</sup>Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН

Новосибирск  
[arykov@mail.ru](mailto:arykov@mail.ru)

Работа посвящена исследованию возможности использования онтологий для автоматической генерации вопросов и вариантов ответов к ним. В качестве предметной области выбрана «Криптография». Полученные результаты могут быть полезными для разработчиков образовательных платформ и авторов тестов.

**Ключевые слова:** онтологии, тесты, генерация вопросов.

## USING ONTOLOGIES TO GENERATE QUESTIONS AND ANSWER OPTIONS

© Balashov A. A., Arykov S. B.

Novosibirsk State Technical University, Institute of Computational Mathematics and Mathematical Geophysics SB RAS  
Novosibirsk

The paper is devoted to the study of the possibility of using ontologies to automatically generate questions and answer options for them. «Cryptography» was selected as the subject area. The results obtained can be useful for developers of educational platforms and test authors.

**Key words:** ontologies, tests, question generation.

Создание тестовых заданий – трудоемкий процесс, требующий значительных временных затрат преподавателя. В связи с этим представляет интерес изучение возможности его автоматизации с использованием современных методов представления знаний.

Одним из таких методов являются онтологии. Онтологии – формализованные модели, описывающие концепции, отношения между ними и свойства в предметной области, а также стандартизирующие знания и обеспечивающие ясное понимание терминов и связей между ними [1].

Для описания онтологии существуют различные подходы. Например, это можно сделать с помощью языков онтологий, таких как OWL, KIF, Common Logic, CycL, DAML+OIL, с помощью стандарта для описания ресурсов в виде триплетов RDF и его расширения RDFS. Также можно воспользоваться специализированным программным пакетом. В рамках работы был выбран наиболее популярный редактор онтологий Protégé, в котором, с помощью интуитивно понятного интерфейса, можно описывать онтологии [2].

На рис.1 приведена построенная онтология для предметной области «Криптография».

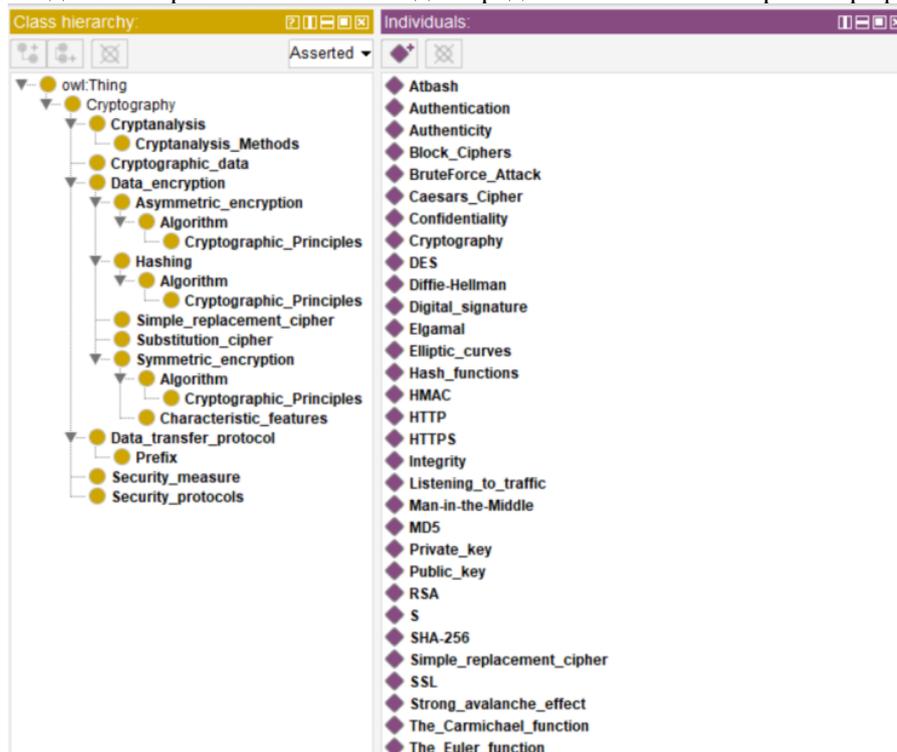


Рис. 1. Пример представления знаний в виде онтологии

Для взаимодействия с онтологией в Protégé и получения информации, необходимо изучить язык запросов SPARQL [3]. Он схож с языками запросов к базам данных, такими как SQL, и позволяет формулировать запросы к онтологии и извлекать нужные данные, например (PREFIX опущены):

```
SELECT *
WHERE { ?subject ту:используется_для_создания ту:Хеш-образ
}
GROUP BY ?class
```

Такой запрос выведет название экземпляра, который используется для создания хеш-образа.

Вопрос типа «единственный выбор» должен выводить индивидуальные экземпляры классов, связанные с заданным посредством указанного объектного свойства (в данном случае это «используется для создания»). Для такого типа вопросов можно использовать шаблон: `<?> my:X my:Y` (где X – имя объектного свойства, Y – имя экземпляра, my – префикс пользовательского пространства имён).

В качестве вариантов ответов необходимо выбрать различные экземпляры, относящиеся к одному и тому же классу, или смежные ему.

#### **Библиографический список**

1. Новиков Ф. А. Системы представления знаний: Издательство Политехнического Университета. Санкт-Петербург, 2010. 245 с.
2. Горшков С. Введение в онтологическое моделирование. Екатеринбург, 2018. 150 с.
3. DuCharme В. Learning SPARQL: Querying and Updating with SPARQL 1.1. O'Reilly Media; 2nd edition. 2013. 384 p.

## **ЦИФРОВАЯ КАФЕДРА ПетрГУ – КАК ВЕКТОР РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ**

© Безбородов М. И.

Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[mibezborodov@petrsu.ru](mailto:mibezborodov@petrsu.ru)

В статье рассматривается реализация проекта «Цифровые кафедры» в Петрозаводском университете в рамках участия в программе Министерства науки и высшего образования России «Приоритет 2030». Реализация проекта анализируется с точки зрения Программы цифровой трансформации Республики Карелия и Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы и государственной программы Республики Карелия «Информационное общество» в рамках Национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации».

**Ключевые слова:** цифровая кафедра, цифровая экономика, информационное общество, приоритет 2030.

## **DIGITAL DEPARTMENT OF PetrSU – AS A VECTOR FOR THE DEVELOPMENT OF THE DIGITAL ECONOMY OF THE REPUBLIC OF KARELIA**

© Bezborodov M. I.

Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The article examines the implementation of the Digital Departments project at Petrozavodsk University as part of participation in the Priority 2030 program of the Ministry of Science and Higher Education of Russia. The implementation of the project is analyzed from the point of view of the Digital Transformation Program of the Republic of Karelia and the Strategy for the Development of the Information Society in the Russian Federation for 2017–2030 and the state program of the Republic of Karelia «Information Society» within the framework of the National Project «Digital Economy of the Russian Federation».

**Key words:** digital department, digital economy, information society, priority 2030.

Правительством Российской Федерации сформирована национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» с целью решения задачи по обеспечению ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере. Национальная программа «Цифровая экономика» стала ответом на реализацию Указов Президента Российской Федерации от 7 мая 2018 г. № 204 «О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года» и от 21.07.2020 г. № 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года».

В свою очередь для реализации целей национального развития в области цифровой экономики в регионах России приняты свои программы с учетом специфики субъекта федерации. В 2021 г. в Республике Карелия приняты: программа цифровой трансформации Республики Карелия, стратегия в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Республики Карелия, а в 2024 году – новая редакция государственной программы «Информационное общество» в рамках Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы Национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации».

В программе цифровой трансформации Республики Карелия определены такие ключевые задачи как: достижение «цифровой зрелости» ключевых отраслей экономики и социальной сферы, в том числе здравоохранения, образования, городской среды, транспорта, строительства, природопользования, а также государственного управления; переход к предоставлению массовых социально значимых государственных (муниципальных) услуг (далее – МСЗУ) по единым требованиям на территории всей страны, реализация реестровой модели предоставления МСЗУ, а также возможности предоставления услуг в автоматическом и в проактивном режиме; обеспечение использования отечественных решений в исполнительных органах Республики Карелия и в подведомственных им учреждениях; подготовка кадров для работы в цифровой образовательной среде; цифровизация пассажирских перевозок; цифровизация жизненного цикла инфраструктуры и транспортных средств; формирование набора сервисов с возможностью получить образовательные сервисы посредством единой точки доступа к цифровым образовательным сервисам, направленным на повышение уровня цифровой культуры; повышение эффективности процессов функционирования организаций, осуществляющих образовательную деятельность и др.

Среди целей государственной программы Республики Карелия «Информационное общество» выделены: достижение цифровой зрелости ключевых отраслей экономики и социальной сферы, а также государственного и муниципального управления; обеспечение ускоренного внедрения цифровых технологий в экономике и социальной сфере; увеличение доли массовых социально значимых услуг, доступных в электронном виде; создание устойчивой и безопасной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры; создание и применение российских информационных и коммуникационных технологий; формирование информационного пространства с учетом потребностей граждан и общества в получении качественных и достоверных сведений; повышение доступности услуг связи, цифровых технологий и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» в рамках стратегического направления «Инфраструктура для жизни»; развитие цифровых технологий, платформенных решений и отечественных технологий в сфере государственного управления, в управлении городской средой в рамках стратегического направления «Устойчивое пространственное развитие».

Реализация целей национального развития России в области цифровой экономики в региональном векторе невозможна без подготовки соответствующих кадров для субъекта федерации в области современных цифровых компетенций и дополнительной квалификации по IT-профилю.

В Республике Карелия для решения проблем региона в потребности цифровых кадров в 2024 году в Петрозаводском государственном университете создана Цифровая кафедра, где открыты две новые программы профессиональной переподготовки: «Компьютерный анализ экономических данных»; «Сквозные технологии машинного обучения и нейронные сети». По новым направлениям обучается более 400 студентов Физико-технического института, Института математики и информационных технологий, Института лесных, горных и строительных наук, Института экономики и права ПетрГУ.

Реализация проекта стала возможной благодаря участию университета в Программе стратегического академического лидерства «Приоритет 2030». ПетрГУ в 2024 году вошел в число участников программы «Приоритет 2030» в статусе кандидата.

Программа «Приоритет 2030» концентрирует ресурсы для обеспечения вклада российских университетов в достижение национальных целей развития Российской Федерации на период до 2030 года. Миссия ПетрГУ – участника программы «Приоритет 2030»: объединяя людей и создавая передовую среду для развития образования, науки и инноваций, воспитания и просвещения, способствовать гармоничному развитию человека и общества, культуры и гуманитарных знаний, сохранению духовных ценностей; достижению высокого качества жизни; устойчивому социально-экономическому и опережающему научно-технологическому развитию целевых регионов РФ; укреплению технологического суверенитета России.

Программа развития ПетрГУ как участника программы «Приоритет 2030» рассчитана на 10 лет – до 2033 года и обозначает новый этап развития университета.

Сам проект «Цифровые кафедры» направлен на создание возможностей для повышения квалификации в сфере информационных технологий среди обучающихся в университетах-участниках программы «Приоритет 2030». Проект носит прикладной, практико-ориентированный характер. На практическую часть курса отводится от 60 % учебного времени, средняя продолжительность курса 9 месяцев. Курс предусматривает возможность для студентов реализации собственного цифрового проекта по созданию цифрового решения для дальнейшего внедрения в конкретной отрасли.

В рамках проекта «цифровые кафедры» студенты получают новые компетенции в области информационных технологий благодаря дополнительным профессиональным программам и программам профессиональной переподготовки ИТ-профиля, соответствующие староготическим целям Национального проекта «Цифровая экономика Российской Федерации государственной программы Республики Карелия «Информационное общество». Новые компетенции формируются совместно с индустриальными партнерами и отраслевыми экспертами.

Проект «Цифровые кафедры» в России запущен в 2022 году и реализуется в рамках федерального проекта «Развитие кадрового потенциала ИТ-отрасли» национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации».

Благодаря реализации проекта в Петрозаводском университете студенты могут получить вторую «цифровую» квалификацию ИТ-профиля в соответствии с текущими потребностями приоритетных отраслей экономики России и Республики Карелия.

### Библиографический список

1. Государственная программа Республики Карелия «Информационное общество» (ред. от 18.03.2024). URL: <https://adm.gov.karelia.ru/about/1349/>
2. Национальная программа «Цифровая экономика Российской Федерации». URL: <https://национальныепроекты.рф/projects/tsifrovaya-ekonomika/>
3. ПетрГУ в программе «Приоритет 2030». URL: [https://petsru.ru/page/ptoday/petsru\\_prioritet2030](https://petsru.ru/page/ptoday/petsru_prioritet2030)
4. Программа «Приоритет 2030». URL: <https://priority2030.ru>
5. Программа цифровой трансформации Республики Карелия (ред. от 29 декабря 2023 года). URL: <https://adm.gov.karelia.ru/about/9906/>
6. Стратегия в области цифровой трансформации отраслей экономики, социальной сферы и государственного управления Республики Карелия (ред. от 30 августа 2022 г.). URL: <https://adm.gov.karelia.ru/about/9906/>
7. Цифровая кафедра». URL: <https://petsru.ru/structure/9546/tsifrovaya-kafedra>

## РАЗРАБОТКА СЕРВИСА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЖИВОТНЫХ ПО ФОТОГРАФИЯМ

© Бондар Г. А., Кулезнев Н. С., Димитров В. М.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

[dimitrov@cs.petsru.ru](mailto:dimitrov@cs.petsru.ru)

В работе представлен процесс работы над созданием веб-сервиса распознавания животных по фотографиям. Процесс состоял из следующих этапов: подбор датасета, подбор модели, обучение модели, разработка сервиса.

**Ключевые слова:** веб-сервис, животные, yolo, нейросеть.

## DEVELOPMENT OF A SERVICE FOR DETECTING ANIMALS FROM PHOTOGRAPHS

© Bondar G. A., Kuleznev N. S., Dimitrov V. M.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The paper presents the process of working on the creation of a web service for recognizing animals from photographs. The process consisted of the following stages: dataset selection, model selection, model training, service development.

**Key words:** web service, animals, yolo, neural network.

В современном мире использование и развитие компьютерного зрения и искусственного интеллекта значительно упрощает и оптимизирует множество задач. Одной из таких задач является детектирование животных на фотографиях. В настоящее время существует все большая потребность в разработке инструментов, способных автоматически определить присутствие животных на фотографиях, что позволяет сэкономить время и усилия сотрудникам, занимающимся исследованиями и мониторингом природных объектов.

Ключевой целью данной работы является разработка web-сервиса, основанного на применении нейросетей, который сможет автоматически детектировать животных на фотографиях и определять их виды. Задача поступила от Ботанического сада ПетрГУ, который нуждается в современных инструментах для эффективного анализа собранных фотографий с фотоловушек. Разработка такого сервиса поможет сотрудникам сада оптимизировать и упростить процесс обработки фотографий, исключив необходимость вручную просматривать каждую фотографию и определять наличие на ней животного.

В рамках работы будет осуществлен выбор и обучение нейросетевой модели для детектирования животных на фотографиях. Будет разработан web-интерфейс для загрузки фотографий и получения результатов детектирования. Также будет произведена оценка эффективности разработанного сервиса на реальных данных, что позволит оценить точность и скорость работы системы.

Результаты данной работы будут полезны и применимы в различных областях, связанных с исследованием и мониторингом животных. В частности, сервис может быть использован в научных исследованиях, охране природы, биологических и экологических проектах, а также для создания механизмов фотоинвентаризации биоразнообразия.

В дальнейшем возможно расширение функционала сервиса с целью определения других характеристик животных на фотографиях или интеграция с другими системами мониторинга и анализа данных.

Разработка такого сервиса имеет большую значимость, поскольку помогает автоматизировать и упростить процесс детектирования животных на фотографиях, что позволяет существенно повысить эффективность работы сотрудников и обеспечить более точные и быстрые результаты.

Для распознавания объектов на изображениях широко применяются нейросетевые модели, основанные на глубоком обучении. Такие модели используют сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks), которые обладают способностью выделять важные признаки изображений на разных уровнях абстракции. Процесс распознавания объектов с использованием нейросетей проходит следующим образом:

- исходное изображение подается на вход нейросетевой модели;
- модель применяет сверточные слои для извлечения признаков изображения;
- полученные признаки проходят через последовательность полносвязных слоев;
- для классификации или детектирования объектов;
- на выходе модели получаем предсказания, которые могут включать в себя классы объектов и их координаты на изображении.

Во время реализации подготовительных мероприятий работы был собран датасет для обучения и проверки модели детектирования животных. Сбор датасета является важным этапом разработки системы компьютерного зрения, так как на качество собранных данных влияет точность и эффективность модели. Процесс сбора датасета включал следующие этапы:

#### 1. Определение критериев.

- наличие видимого животного: Отбирались изображения, на которых были видны животные как полностью, так и не полностью, чтобы обеспечить точность данных;
- количество животных на фотографии: Фотографии с одним или несколькими животными использовались для обнаружения и классификации разных экземпляров;
- фотографии с фотоловушек: важным источником данных были фотографии, полученные с фотоловушек, так как они записывают животных в естественной среде.

#### 2. Поиск изображений.

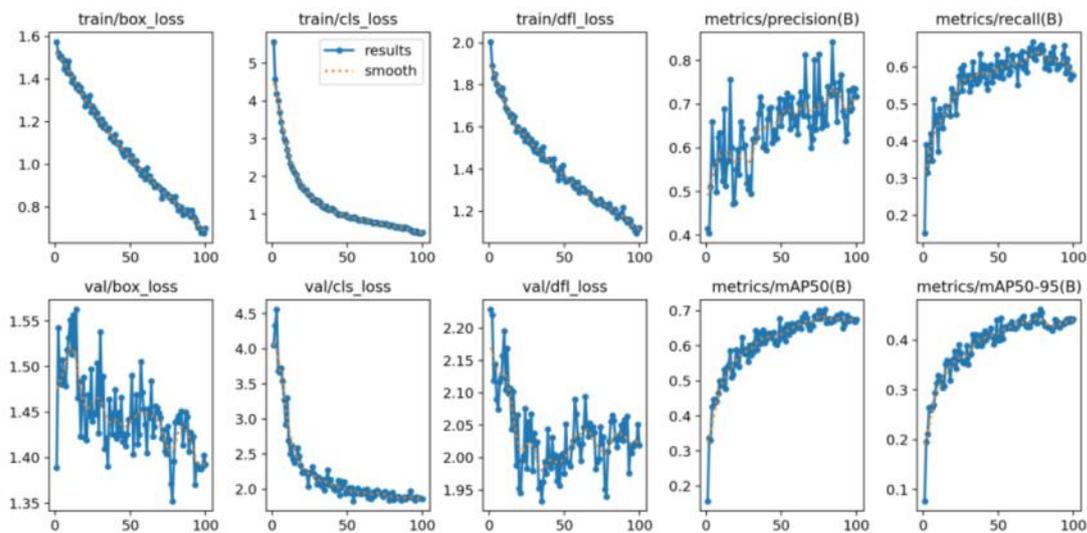
Для сбора датасета были использованы различные источники, такие как онлайнбазы данных изображений животных, репозитории фотографий с фотоловушек и другие интернет-ресурсы, предоставляющие изображения с животными.

### 3. Выборка и фильтрация.

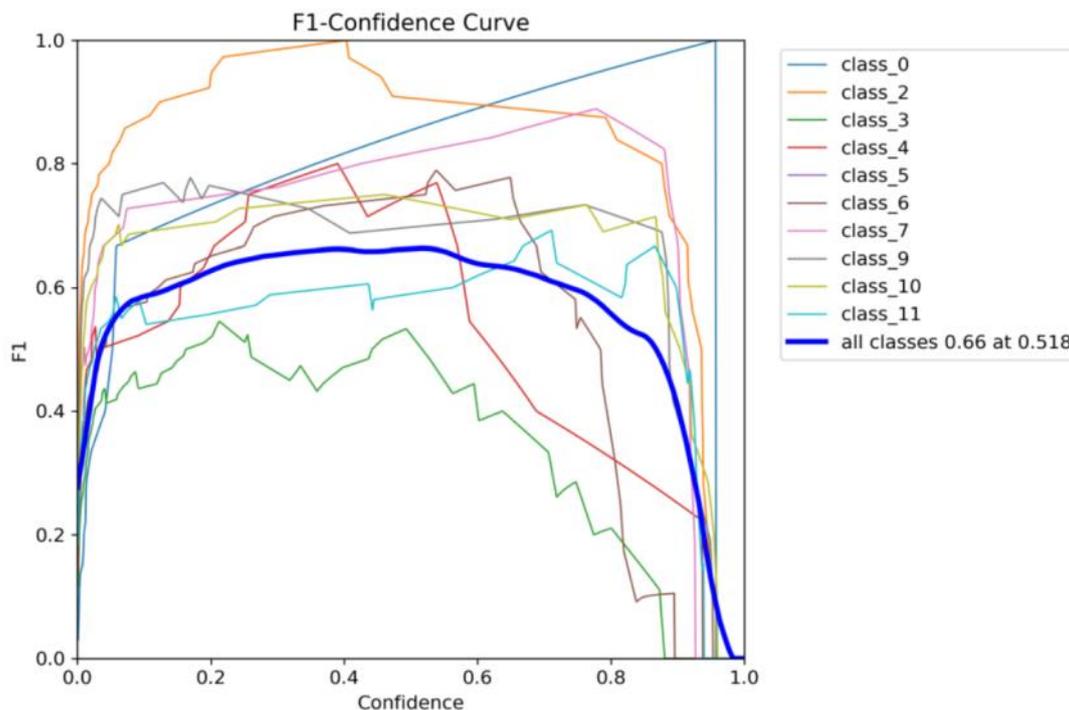
Из всех собранных изображений была проведена их первичная выборка и фильтрация согласно заранее определенным критериям. Это позволило отобрать подходящие изображения для дальнейшей разметки и использования в обучении модели.

4. Фотографии от Ботанического сада ПетрГУ: нами был получен архив фотографий от Ботанического сада ПетрГУ.

Для обучения модели YOLO [2] на размеченных данных мы воспользовались инструментами Google Colaboratory [1], предоставляющими вычислительные ресурсы в облаке. Во время обучения мы следили за метриками на рис. 1 и рис. 2, такими как потери и точность модели, чтобы оценить ее прогресс. Мы также использовали валидационный набор данных для оценки производительности модели на новых изображениях.



**Рис 1. Метрики обучения нейросетевой модели YOLO**



**Рис. 2. Метрики обучения нейросетевой модели YOLO**

В результате проведенных работ мы обучили нейросетевую модель YOLO для дальнейшего перехода к разработке web-сервиса, способного автоматически детектировать животных на фотографиях, что позволит сотрудникам Ботанического сада ПетрГУ оптимизировать и упростить процесс обработки фотографий, исключив необходимость ручного просмотра каждой фотографии и определения наличия животного. Дальнейшее обучение модели и оценка ее производительности на реальных данных помогут улучшить точность и скорость работы системы, повысив ее полезность и эффективность.

#### Библиографический список

1. Google Colaboratory / [Электронный ресурс] // Google Colaboratory: [сайт]. URL: <https://colab.research.google.com/> (дата обращения: 02.10.2023).
2. Ultralytics YOLO / [Электронный ресурс] // GitHub: [сайт]. URL: <https://github.com/ultralytics> (дата обращения: 02.10.2023).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О РАЗВИТИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ САЙТАМИ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ ВУЗА

© Волкова Т. В., Копылов Е. А.  
Оренбургский государственный университет  
Оренбург  
[tv@mail.osu.ru](mailto:tv@mail.osu.ru)

Рассмотрены вопросы анализа и выбора метода для интеллектуальной системы оценки требований к информационной системе управления сайтами научных конференций университета. Новые требования появляются при значительном расширении состава научных конференций; необходимо обеспечить информационную поддержку принятия решения о модификации или развитии программных и информационных ресурсов системы управления.

**Ключевые слова:** интеллектуальная система, система управления веб-сайтом, метод классификации требований.

## USING AN INTELLIGENT SYSTEM TO DECISION ABOUT THE DEVELOPMENT OF SCIENTIFIC CONFERENCE WEBSITE MECHANISM COMPONENTS

© Volkova T. V., Kopylov E. A.  
Orenburg State University  
Orenburg

The issues of analysis and selection of the method for the intelligent system of assessment of requirements for the information system of management of the websites of scientific conferences of the university are considered. New requirements appear with a significant expansion of the composition of scientific conferences; it is necessary to provide information support for the decision-making on modification or development of software and information resources of the management system.

**Key words:** intelligent system, website management system, requirements classification method.

В Оренбургском государственном университете разработана и используется открытая информационная система «Сайт конференции», позволяющая осуществлять управление сайтами научных конференций (НК), проводимых подразделениями университета (далее – ИСНК). Каждая НК определяет набор требований, которые уже поддерживает ИСНК, или встает вопрос о доработке или разработке новых компонентов ИСНК – программных или информационных. Поскольку состав проводимых конференций постоянно растет, сейчас их более 20, и требования их различные, то существует проблема точного анализа соответствия имеющихся ресурсов ИСНК требованиям каждой новой конференции для принятия решения о выделении дополнительных ресурсов на доработку существующих или разработку новых компонентов ИСНК. Для решения этой задачи предлагается использо-

вать в рамках ИСНК интеллектуальную подсистему, которая позволяет классифицировать требования к сайту каждой НК и выдавать рекомендации по использованию типовой конфигурации ИСНК или доработке её компонентов.

Классификация требований основана на анализе результатов анкетирования организатора научной конференции (таблица 1).

Таблица 1

### Вопросы анкеты для организатора научной конференции

Требование конференции	Значение
1. Информационное письмо	да / нет
2. Направления / секции	да / нет
3. Сроки приема докладов	да / нет
4. Лицензионный договор	да / нет
5. Онлайн-регистрация	да / нет
6. Самостоятельный сбор докладов	да / нет
7. Автоматическое формирование списка докладов по секциям	да / нет
8. Согласие на обработку персональных данных	да / нет
9. Онлайн подтверждение согласия галочкой на сайте (с риском нарушения законодательства РФ)	да / нет
10. Подтверждение договора-оферты галочкой на сайте	да / нет
11. Самостоятельный сбор лицензионного договора / согласия	да / нет
12. Личный кабинет участника	да / нет
13. Личный кабинет модератора	да / нет
14. Личный кабинет председателя / секретаря секции	да / нет
15. Требования к докладу	да / нет
16. Ссылка на доклад	да / нет
17. Платное участие	да / нет
18. Банковские реквизиты	да / нет
19. Другое требование	да / нет

Ручная обработка результатов анкеты на основе экспертных знаний формирует следующие результаты: для 19 входных параметров получено 36 классов, 524288 правил вида «Если ..., То ...». Практически невозможно в ручном режиме провести анализ такого значительного объема данных. Задача классификации требований может быть решена с помощью следующих методов машинного обучения: «Дерево решений» (CART) [1], «Случайный лес» [2] и «Многослойный перцептрон» (MLP) [3].

Проведен эксперимент по проверке эффективности каждого из указанных методов. С помощью методов машинного обучения количество правил можно сократить с 524288 до 104.

Программная реализация проведения эксперимента осуществлена на основе использования библиотеки Scikit-learn [4] на языке Python. Получены выборки значений метрик качества по каждому методу: сбалансированная точность, точность, полнота и f1-мера, таблицы 2–4. Для оценки производительности каждого из методов проведено по 50 экспериментов. В каждом эксперименте метод обучался на новой обучающей выборке.

Таблица 2

### Наборы метрик метода «Дерево решений»

Набор	Сбалансированная точность	Точность	Полнота	F1-мера
1	0,980116051590	0,919327445241	0,6729087495993	0,762507730007
2	0,981136341470	0,908043475203	0,6569754132136	0,733230432168
3	0,974351550668	0,898899582159	0,5214504830364	0,622110011333
...	...	...	...	...
50	0,805899625685	0,880286724868	0,6260854966958	0,708773547976

Для оценки производительности метода классификации «Дерево решений» (CART) выбрана лучшая модель на основе кросс-валидации, № 2 (сбалансированная точность: 0.981136341470, точность: 0.908043475203, полнота: 0.6569754132136, f1-мера: 0.733230432168).

Таблица 3

**Наборы метрик метода «Случайный лес»**

Набор	Сбалансированная точность	Точность	Полнота	F1-мера
1	0,926341447889	0,914388161501	0,6925678769287	0,778858118819
2	0,853228222138	0,908635896246	0,6508382552691	0,735634665800
3	0,949420962041	0,916225238267	0,7372144132594	0,807613653801
...	...	...	...	...
21	0,963418701471	0,900933313876	0,7058113181630	0,778355627855
...	...	...	...	...
50	0,866277231460	0,912548208468	0,7153766616302	0,790790685001

Для оценки производительности метода классификации «Случайный лес» выбрана лучшая модель на основе кросс-валидации, № 21 (сбалансированная точность: 0.963418701471, точность: 0.900933313876, полнота: 0.7058113181630, f1-мера: 0.778355627855).

Таблица 4

**Наборы метрик метода «Многослойный перцептрон»**

Набор	Сбалансированная точность	Точность	Полнота	F1-мера
1	0,736635695591	0,866089346634	0,4951562810005	0,621238485737
2	0,779555574224	0,881585691843	0,4524823344474	0,574632082291
3	0,804544411125	0,895980264482	0,4905281351586	0,621252696532
...	...	...	...	...
9	0,957636395372	0,869097316758	0,4285308212383	0,547329147883
...	...	...	...	...
50	0,641736669485	0,904567154101	0,5802924164034	0,687134825093

Для оценки производительности метода классификации «Многослойный перцептрон» (MLP) выбрана лучшая модель на основе кросс-валидации, № 9 (сбалансированная точность: 0.957636395372, точность: 0.869097316758, полнота: 0.4285308212383, f1-мера: 0.547329147883).

Проведен сравнительный анализ лучших моделей с ручной обработкой (на основе сгенерированных всевозможных комбинации правил вида «Если ..., То ...»), получены выводы о соответствующей степени точности полученных расчетов.

Для сравнения метрик, полученных с помощью трех методов, использован многомерный критерий Хотеллинга [5] (таблица 5).

Таблица 5

**Средние значения метрик в наборах данных трех методов машинного обучения**

Название метрики	Дерево решений	Случайный лес	Многослойный перцептрон
Сбалансированная точность	0,850065	0,844200	0,766594
Точность	0,884061	0,913698	0,885943
Полнота	0,577408	0,721286	0,489613
F1-мера	0,674158	0,794617	0,610996

Метод «Случайный лес» показывает наилучшие результаты по метрикам точность, полнота и f1-мера. Метод «Дерево решений» (CART) превосходит остальные только по сбалансированной точности.

Таким образом, основываясь на анализе средних значений метрик, можно сделать вывод, что наиболее предпочтительным для задачи классификации требований к ИСНК является метод машинного обучения «Случайный лес», так как он демонстрирует наилучшие средние значения по большинству ключевых метрик качества классификации.

Данные методы могут быть успешно применены для решения широкого круга задач в различных сферах. Например, в сфере здравоохранения (классификации медицинских изображений, предсказания заболеваний, персонализированного лечения, анализе данных о лекарствах), в области образования (оценки успеваемости, персонализированного обучения, автоматической проверки знаний). Выбор наиболее подходящего алгоритма машинного обучения зависит от конкретной задачи и доступных данных.

### Библиографический список

1. Дерево решений (CART). От теоретических основ до продвинутых техник и реализации с нуля на Python [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/801515/>. 20.05.2024.
2. Случайные деревья и случайный лес. Бутстрэп и бэггинг [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://proproprogs.ru/ml/ml-sluchaynye-derevya-i-sluchaynyu-les-bootstrap-i-bagging>. 20.05.2024.
3. Нейронные сети на Python, ассистент КПМ Гиниятова Д. Х. бэггинг [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://kpfu.ru/portal/docs/F\\_1458204831/Nejronnye.seti.na.Python.pdf](https://kpfu.ru/portal/docs/F_1458204831/Nejronnye.seti.na.Python.pdf). 20.05.2024.
4. scikit-learn Machine Learning in Python [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://scikit-learn.org/stable/index.html>. 07.06.2024.
5. Многомерный статистический анализ: Практикум / Л. А. Сошникова, В. Н. Тамашевич, Л. А. Махнач. Мн.: БГЭУ, 2004. 162 с.

## АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТА

© Волкова Т. В., Школин М. А.  
Оренбургский государственный университет  
Оренбург  
[tv@mail.osu.ru](mailto:tv@mail.osu.ru)

Основной целью исследования является обработка и анализ данных для принятия решений в рамках управления временными реквизитами этапов «исполнение» и «контроль исполнения» жизненного цикла электронного документа на основе выявления скрытых зависимостей между ними. Для исследования выбран метод кластерного анализа с применением алгоритма К-средних (K-means). Метод предполагается использовать как компонент программно-информационной системы, относящейся к виду систем электронного документооборота.

**Ключевые слова:** электронный документооборот, время этапа жизненного цикла электронного документооборота, искусственный интеллект, метод К-средних.

## AUTOMATED DETERMINATION THE DURATION OF THE LIFE CYCLE STAGES AN ELECTRONIC DOCUMENT

© Volkova T. V., Shkolin M. A.  
Orenburg State University  
Orenburg

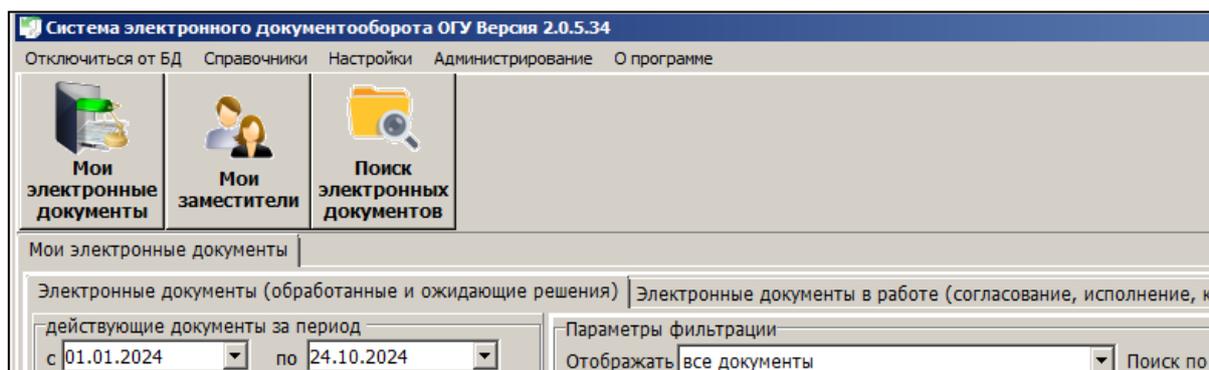
The main goal of the study is the processing and analysis of data for decision-making within the framework of managing the temporary details of the «execution» and «execution control» stages of the life cycle of an electronic document based on identifying hidden dependencies between them. The method chosen for the study was cluster analysis using the K-means algorithm. The method is intended to be used as a component of a software information system related to the type of electronic document management systems.

**Key words:** electronic document management, time of the electronic document management life cycle stage, artificial intelligence, K-means method.

Важной задачей использования программно-информационных систем, относящихся к виду систем электронного документооборота, является задание наиболее оптимального планового времени нахождения электронного документа (ЭД) на каждом этапе его жизненного цикла (далее – маршрут движения), включая этапы согласования, исполнения и контроля исполнения. Смысл электронного документа, как правило, определяет плановую длительность этапа «исполнение»; при этом зафиксированное в дальнейшем фактическое время исполнения может отличаться от заданного планового – как в большую, так и в меньшую сторону. Для пользователя, задающего плановое время периода прохождения электронным документом каждого этапа, важно правильно определить оптимальное значение периода. Такое значение может быть аргументированно подсказано программно-информационной системой (ПИС) при регистрации ЭД, сокращая тем самым для пользователя время

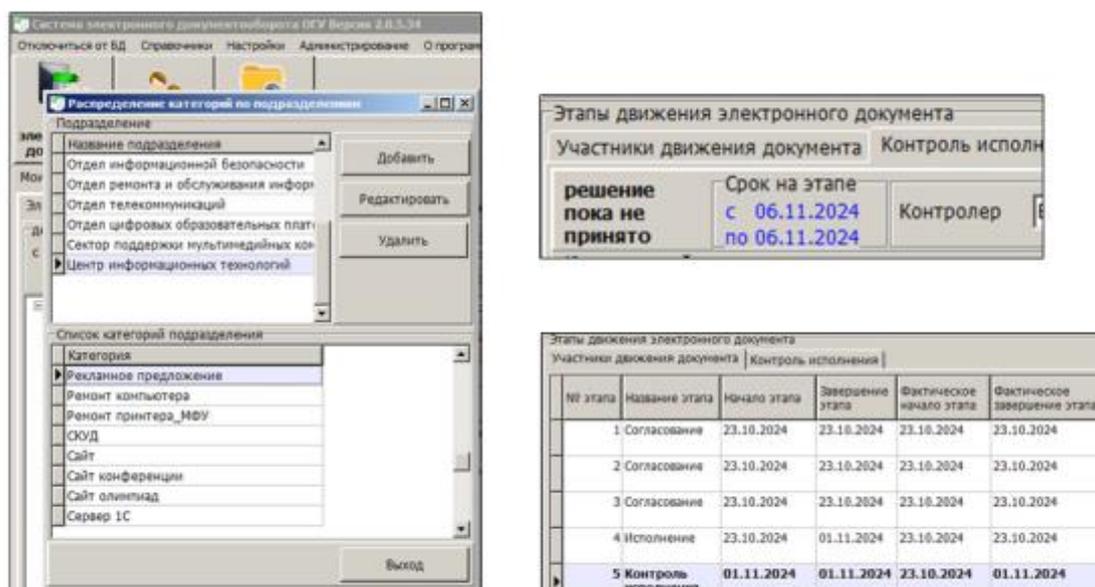
на обдумывание и планирование значений временных реквизитов каждого этапа маршрута движения документа. Для реализации подсказок ПИС электронного документооборота должна обладать соответствующими знаниями.

Оптимальное плановое значение временных характеристик этапов нахождения ЭД на маршруте движения может быть выявлено на основе исследования значительного количества ЭД: зависимостей между категорией электронного документа, определяемой в соответствии с заданием на исполнение документа, и характеристиками длительности этапов «исполнение» и «контроль исполнения». В ходе исследования предполагается разделить электронные документы на группы посредством использования алгоритма кластеризации большого объема накопленных данных – реквизитов электронных документов – служебных записок, поступающих от подразделений вуза в центр информационных технологий (ЦИТ). Служебные записки регистрируются и обрабатываются средствами программной системы «Система электронного документооборота – Служебные записки ЦИТ», входящей в состав функциональной подсистемы «Делопроизводство» ИАС ОГУ [1], рисунок 1.



**Рис. 1. Программная система «ЭД – Служебные записки ЦИТ» ИАС ОГУ**

Для проведения исследования зависимостей между реквизитами ЭД используются следующие данные (рисунок 2): а) категория, определяемая видом выполнения требуемой работы, указанной в служебной записке. Это виды работ, связанные с ремонтом компьютера, предоставлением информации, сайтом, доступом к данным и др., всего более 50; б) запланированное и фактическое время, затраченное на таких важных этапах маршрута движения электронного документа, как «исполнение» и «контроль исполнения».



**Рис. 2. Категории работ, виды этапов маршрута электронного документа**

Существуют различные методы кластеризации данных [2]:

- алгоритмы, основанные на разделении данных, в том числе итеративные, например, алгоритм К-средних. Это один из наиболее распространенных методов кластеризации, основанный на группировке объектов в заранее заданное количество кластеров, где каждый кластер представляет собой среднее значение всех объектов внутри него. Обладает высокой производительностью на больших объемах данных;
- иерархические алгоритмы, например, иерархическая агломеративная кластеризация. Метод реализует подход, позволяющий строить иерархическую структуру кластеров. Каждый объект на момент начала алгоритма находится в отдельном кластере, а затем объекты постепенно объединяются в кластеры на основе расстояния между объектами. Иерархическая кластеризация предоставляет более гибкую структуру кластеров и может быть полезной для анализа и визуализации иерархических отношений в данных;
- методы, основанные на концентрации объектов, например алгоритм DBSCAN. Алгоритм определяет кластеры как плотные области объектов, разделенные областями с меньшей плотностью. DBSCAN позволяет обнаруживать кластеры произвольной формы и не требует заранее заданного числа кластеров.

Для достижения поставленной в рамках исследования цели выбран алгоритм метода К-средних (K-means), так как он является высокопроизводительным, а количество кластеров уже известно заранее.

За период эксплуатации системы электронного документооборота в базе данных, начиная с 2020 г., накоплены реквизиты более 27 600 служебных записок, поступивших от различных подразделений университета в ЦИТ. Большой объем данных позволяет с достаточно большой точностью применить для анализа метод К-средних, для нормализации исследуемых данных предполагается использование метода минимакса [3].

По результатам эксплуатации программной системы «Система электронного документооборота – Служебные записки ЦИТ» выделены следующие кластеры исследуемых этапов маршрута движения электронного документа:

- долгое исполнение, долгий контроль исполнения;
- долгое исполнение, быстрый контроль исполнения;
- быстрое исполнение, долгий контроль исполнения;
- быстрое исполнение, быстрый контроль исполнения.

На рисунках 3 и 4 приведены примеры сроков нахождения ЭД с категорией работ «Предоставление информации», попавшие в кластеры «быстрое исполнение, быстрый контроль исполнения» и «долгое исполнение, быстрый контроль исполнения».

#### 1) «быстрое исполнение, быстрый контроль исполнения»

Файлы		Текст электронного документа		Этапы движения	
№ этапа	Название этапа	Начало этапа	Завершение этапа	Фактическое начало этапа	Фактическое завершение этапа
▶	1 Согласование	17.01.2024	17.01.2024	17.01.2024	17.01.2024
	2 Согласование	17.01.2024	18.01.2024	17.01.2024	18.01.2024
	3 Согласование	18.01.2024	18.01.2024	18.01.2024	18.01.2024
	4 Исполнение	18.01.2024	19.01.2024	18.01.2024	19.01.2024
	5 Контроль исполнения	22.01.2024	23.01.2024	19.01.2024	19.01.2024

Рис. 3. Данные, попавшие в кластер «быстрое исполнение, быстрый контроль исполнения»

## 2) «долгое исполнение, быстрый контроль исполнения»

Файлы		Текст электронного документа		Этапы движения	
№ этапа	Название этапа	Начало этапа	Завершение этапа	Фактическое начало этапа	Фактическое завершение этапа
1	Согласование	16.01.2024	16.01.2024	16.01.2024	16.01.2024
2	Согласование	16.01.2024	16.01.2024	16.01.2024	16.01.2024
3	Согласование	16.01.2024	16.01.2024	16.01.2024	16.01.2024
4	Исполнение	16.01.2024	17.01.2024	16.01.2024	24.01.2024
5	Контроль исполнения	18.01.2024	19.01.2024	24.01.2024	25.01.2024

*Рис. 4. Данные, попавшие в кластер «долгое исполнение, быстрый контроль исполнения»*

Полученные результаты исследования в дальнейшем могут расширить функционал программной системы «Система электронного документооборота – Служебные записки ЦИТ» путем реализации компонентов модулей искусственного интеллекта, предлагающего пользователю оптимальные сроки начала и завершения этапов маршрута движения электронного документа в зависимости от категории служебной записки, определяемой требующей выполнения работой.

#### Библиографический список

1. Функциональные подсистемы ИАС ОГУ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.osu.ru/doc/969>. 03.04.2023.
2. Гаврилов А. В. Системы искусственного интеллекта: Учеб. пособие: в 2-х ч. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2001. Ч. 1. 67 с.
3. Семенов А. М. Интеллектуальные системы [Электронный ресурс] / Семенов А. М., Соловьев Н. А., Чернопрудова Е. Н., Цыганков А. С. Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2013. Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/30055>

## ОБЗОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ

© Воронин В. Ю., Корзун Д. Ж.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[dtyzdjhjyby@yandex.ru](mailto:dtyzdjhjyby@yandex.ru)

В данном докладе исследуются технологии цифровой трансформации для применения в производстве. Основная цель этого обзора определить передовые инструменты в задаче цифровизации производства. Основным источником данных в ходе обзора была база данных различных публикаций на elibrary. Было изучено более 30 статей, найденных по ключевым словам «Цифровизация», «ИОТ», «Цифровые двойники» и «AI». По результатам обзора была составлена модель оценивания перспективных технологий и их применения для задач цифровизации. Эта модель может быть задействована разработчиками в процессе проектирования и разработки автоматизированных систем на производстве для успешной адаптации к требованиям цифровой эры в производстве.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, цифровизация производства, 3d-моделирование, методы цифровизации, проблемы.

## REVIEW OF PROMISING DIGITAL TECHNOLOGIES FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS

© Voronin V. Yu., Korzun D. G.

Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

This report investigates digital transformation technologies for application in manufacturing. The primary objective of this review is to identify cutting-edge tools in the digitalization of production. The primary data source during the review process was a database of various publications on elibrary. Over 30 articles were examined using keywords such as «Digitalization», «IOT», «Digital Twins», and «AI». Based on the review findings, a model for evaluating promising technologies and their application in digitalization tasks was developed. This model can be leveraged by developers in the design and development of automated systems in manufacturing to successfully adapt to the requirements of the digital era in production.

**Key words:** digital twin, production digitization, 3d modeling, digitalization methods, digitalization challenges.

В условиях цифровой эпохи машиностроение стало сталкиваться с новыми вызовами, требующими инновационных решений для эффективного развития отрасли. Настоящее и будущее промышленности напрямую связаны с умелым использованием цифровых технологий [1]. В докладе представлены результаты обзора современных технологий и проблемах, возникающих в контексте цифровизации машиностроения, а также на предлагаемых на сегодняшний день их решениях.

Был проведен подбор статей на тематику близкую к «методы цифровизации производства». В связи с высокой интенсивностью развития цифровизации в области машиностроения и новых разработок, отбирались статьи не позже 2019 года. В ходе исследования было рассмотрено более 30 статей, содержащих информацию о различных технологиях и проблемах цифровизации предприятий.

В результате обзора литературы были найдены технологии цифровизации производства:

- 3D-моделирование;
- нейронные сети;
- интернет вещей;
- цифровые двойники;
- робототехника.

Эти методы позволяют создавать виртуальные модели объектов, собирать и анализировать данные в реальном времени, проводить точное 3D-моделирование, внедрять автоматизированные системы, оптимизировать производственные процессы с помощью анализа больших данных и применять нейронные сети для прогнозирования и оптимизации результатов. Вместе эти методы обеспечивают инновационное развитие отрасли, увеличивают конкурентоспособность и способствуют успешной адаптации к требованиям цифровой эры в производстве.

Несмотря на значительные преимущества и потенциал методов цифровой трансформации в машиностроении, необходимо учитывать, что некоторые из них также сопряжены с определенными ограничениями и проблемами. Эти недостатки могут осложнять процессы внедрения и использования этих технологий в промышленности. Согласно статье [2] можно выделить следующие общие проблемы цифровизации производства:

- недостаточность квалифицированных кадров;
- неподготовленная инфраструктура;
- большие вложения;
- сложность интеграции;
- угрозы информационной безопасности;
- неочевидность стратегии внедрения;
- большие вложения;
- неподготовленность нормативов и стандартов.

Данные проблемы были упорядочены на основе анализа различных источников по частоте встречаемости, от более частых к более редким.

Отдельные методы цифровизации также имеют собственные недостатки и трудности при внедрении в производство. Так, например, внедрения 3D-моделирования в производство может сопровождаться следующими проблемами [3–4], представленными в таблице 1.

Таблица 1

**Проблемы 3D моделирования со степенью значимости**

Проблемы	Степень значимости (от 1 до 10)
Нехватка квалифицированных кадров	10
Сложность анализа бизнес-процесса	7
Высокая вероятность ошибок	4
Необходимость обновления системы для разных предприятий	4
Не состыковка запросов и задач	3

Степень значимости указывает насколько проблема сильно распространена среди исследуемых кейсов, проводимых авторами статьи [3]. Баллы в таблице соответствуют общему количеству данной проблемы в исследуемых кейсах.

Авторы указанных выше статей дают некоторые комментарии по способам решения этих проблем:

1. Высокая стоимость материалов: покупка материалов на заказ приведет к сокращению выхода на рынок, экономии средств и повышению их доступности.
2. Нехватка кадров: инвестиции в квалифицированный персонал и партнерство с университетами могут стать ключом к решению этой проблемы.
3. Сложность анализа: необходимо использовать опыт предыдущего внедрения, либо приглашать специалистов для оценки процессов, составления плана.
4. Проблемы не состыковки: решением может стать контроль над процессом внедрения.

Еще одним примером вызовов, связанных с 3D-моделированием может послужить недостаточный контроль над параметрами печати и их точная настройка, в следствии можно получить нежелательную морфологию материала при изготовлении высокоэффективных полимеров с использованием процесса FDM [5]. Автор указанной выше статьи предлагает использование подхода комбинированной системы определения характеристик и моделирования для обеспечения надежного подхода к изучению влияния параметров процесса на качество конечной детали.

Другие технологии, такие как машинное обучение также пользуются популярностью в задачах цифровизации и оптимизации бизнес процессов. Так например, авторы статьи [6] используют в своем решении текстовые нейронные сети для алгоритмов автоматизации процесса составления заявлений граждан о проблемах в управляющую компанию.

Процесс внедрения машинного обучения в производство имеет ряд сложностей при их внедрении в производство. Авторы статей [7–8] отмечают следующие проблемы внедрения ИИ:

1. Недостаток квалифицированных кадров.
2. Инфраструктурные проблемы.
3. Проблемы с данными и релевантными ИИ-решениями.
4. Проблемы окупаемости.
5. Популяризация ИИ-решений.

Данные проблемы были упорядочены на основе анализа различных источников по частоте встречаемости, от более частых к более редким. Авторы указанной выше статьи предлагают следующие решения данных проблем:

1. Инфраструктурные проблемы: предлагается стимулировать инвестиции в создание центров обработки данных, финансировать расходы на разработку инфраструктуры.
2. Недостаток квалифицированных кадров: разработка целевых обучающих программ в области искусственного интеллекта.
3. Проблемы с данными и релевантными ИИ-решениями: поддержка создания наборов данных для различных задач. Реализация нормативных мероприятий, таких как разработка правил работы с промышленными данными, стандартов сбора и хранения данных. Система поощрения для привлечения вузов к разметке данных.
4. Популяризация ИИ-решений: для продвижения решений на ИИ предложено распространять информацию об успешных промышленных случаях использования. Поддержка проведения различных соревнований, например хакатонов.

5. Проблемы окупаемости: окупаемость может быть обеспечена путем стимулирования спроса на такие решения, поддержки местных производителей, финансирования внедрения и соответствующих научных исследований.

Проведенное исследование выявило как значительные преимущества, так и потенциальные ограничения методов цифровой трансформации в машиностроении. При адекватном использовании и решении недостатков эти инновационные подходы могут стать ключевым фактором успешного развития промышленности. С учетом выявленных особенностей и перспектив дальнейших исследований в этой области, возможно обобщить следующие общие выводы доклада:

1. Цифровая трансформация оказывает существенное влияние на машиностроение, стимулируя инновации и повышая конкурентоспособность отрасли.

2. Методы, такие как цифровые двойники, Интернет вещей, 3D-моделирование, робототехника и нейронные сети, позволяют повысить эффективность, оптимизировать процессы и улучшить результаты в машиностроении.

3. Выявлены недостатки, такие как высокие затраты на внедрение, дефицит квалифицированных специалистов, сложности с данными и безопасностью, которые могут затруднить процессы применения новых технологий.

4. Понимание и решение этих проблем критически важны для успешного внедрения цифровых инноваций в машиностроении.

В таблице 2 показаны вызовы для различных технологий в условиях цифровизации производства.

Таблица 2

#### Технологии и вызовы цифровизации производства

	3D-моделирование	Искусственный интеллект	Интернет вещей	Робототехника	Оценка важности проблемы
Высокая стоимость	+	+		+	3
Нехватка квалифицированных кадров	+	+	+		3
Сложность анализа бизнес-процесса	+				1
Не состыковка запросов и реальных задач	+				1
Инфраструктурные проблемы		+	+		2
Проблемы с данными		+			1
Популяризация решений		+			1
Проблемы окупаемости	+	+	+		3
Модернизация оборудования			+	+	2
Проблемы кибербезопасности		+	+		2
Отсутствие прозрачности в нормативных стандартах		+	+		2
Оценка сложности технологии	5	8	6	2	

Полученные в ходе обзора данные показывают, что наиболее сложными технологиями в задаче цифровизации являются машинное обучение и интернет вещей. В тоже время наиболее распространёнными проблемами среди исследуемых технологий являются нехватка квалифицированных кадров и высокая стоимость внедрения технологий.

Полученные результаты могут быть использованы производственными компаниями и разработчиками для более детальной оценки проектирования и успешной адаптации рассмотренных технологий в производстве.

**Поддержка исследований.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-11-20040 (<https://rscf.ru/project/22-11-20040/>), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).

#### Библиографический список

1. Коровкин В. В., Кузнецова Г. В. Перспективы цифровой трансформации российского машиностроения // *Ars Administrandi (Искусство управления)*. 2020. Т. 12. № 2. С. 291–313.

2. Кирилов К. О. Перспективы решения проблем цифровизации российской промышленности // Вестник Московского университета имени С. Ю. Витте, 2023. С. 74–79.
3. Топников А. О. Проблемы внедрения виртуального моделирования в производственные сферы предприятия // International Journal of Humanities and Natural Sciences, 2021. С. 70–73.
4. Проблемы аддитивных технологий [Электронный ресурс]. URL: <https://blog.iqb.ru/jabil-3d-printing-challenges/> (Дата обращения 07.11.2024).
5. Гаваев А. С. Цифровизация проектирования, моделирования и производства в машиностроении: монография / А. С. Гаваев, Е. М. Чикишев. Тюмень: ТИУ, 2023. 161 с. Текст: непосредственный.
6. Potarova E. M., Smirnov N. V., Voronin V. Y., Semenov N. D., Menschikov M. A. Two-Stage Text Messages Classifier for Chatbots // Proceedings of the 2023 International Conference «Quality Management, Transport and Information Security, Information Technologies», IT and QM and IS 2023, 2023. С. 93–96.
7. Осадчук Е. В. Цифровизация промышленности: барьеры на пути внедрения искусственного интеллекта и предложения по их преодолению // Управление наукой: теория и практика. 2022. Т. 4. № 2. С. 201–209.
8. Проблемы аддитивных технологий [Электронный ресурс]. URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/65643fb69a79471b8a79c1e6> (Дата обращения 08.10.2024).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ВЕРИФИКАЦИИ ПРОГРАММ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

© Галкин А. А., Сытник А. А., Шульга Т. Э.

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.

Саратов

[as@sstu.ru](mailto:as@sstu.ru), [taiss@yandex.ru](mailto:taiss@yandex.ru), [galkinsstu@mail.ru](mailto:galkinsstu@mail.ru)

Данный доклад описывает применение машинного обучения в верификации программ. В докладе были рассмотрены аспекты применения, преимущества, а также вызовы и ограничения в применении машинного обучения в верификации программ.

**Ключевые слова:** машинное обучение, автоматизация, ошибка, оптимизация, анализ.

## THE USE OF INFORMATION TECHNOLOGY IN THE FIELD OF VERIFICATION OF PROGRAMS BASED ON MACHINE LEARNING

© Galkin A. A., Sytnik A. A., Shulga T. E.

Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin

Saratov

This report describes the application of machine learning in program verification. The report examined the application aspects, advantages, as well as challenges and limitations in the use of machine learning in program verification.

**Key words:** machine learning, automation, error, optimization, analysis.

Верификация программного обеспечения является важным этапом разработки, целью которого является обеспечение корректности и безопасности программ. Традиционные методы верификации, такие как статический анализ кода и тестирование, часто сталкиваются с трудностями при работе со сложными системами, особенно в условиях растущей сложности и масштаба современного программного обеспечения. В связи с этим, использование информационных технологий, в частности машинного обучения, представляет собой перспективное направление для повышения эффективности и точности верификации.

Машинное обучение играет важную роль в верификации программного обеспечения, улучшая процессы обнаружения ошибок, генерации тестов и анализа кода. Вот основные аспекты его применения:

1. Повышение точности статического анализа.

2. Генерация эффективных тестовых случаев.
3. Предсказание ошибок.
4. Автоматизация формальной верификации.
5. Обработка естественного языка (NLP).
6. Объяснимость и интерпретация.

Рассмотрим отдельно каждый аспект машинного обучения в верификации программ:

1. Повышение точности статического анализа.

В обучение на больших данных модели машинного обучения могут быть обучены на огромных наборах кода с уже известными ошибками и уязвимостями, чтобы выявлять аналогичные паттерны в новом коде. Также, если говорить об использовании алгоритмов глубокого обучения, то нейронные сети могут анализировать сложные структуры кода и выявлять скрытые зависимости, указывающие на потенциальные проблемы. Используется и интеграция с существующими инструментами, т. е. модели машинного обучения могут быть интегрированы в традиционные инструменты статического анализа, чтобы повысить их точность и эффективность.

2. Генерация эффективных тестовых случаев.

Автоматическая генерация тестовых случаев, в данном случае модели машинного обучения могут генерировать тестовые случаи, которые охватывают широкий спектр сценариев использования и повышают вероятность обнаружения ошибок. Использование генетических алгоритмов и градиентного спуска помогает искать тестовые случаи, которые с большей вероятностью выявят ошибки в программе. Также, возможно автоматизировать процесс генерации и выполнения тестовых случаев, что экономит время и ресурсы.

3. Предсказание ошибок.

В данном случае модели используются для оценки вероятности возникновения ошибок на основе изменений в коде, что позволяет сосредоточиться на наиболее рискованных участках.

4. Автоматизация формальной верификации.

Модели машинного обучения могут помочь в поиске и генерации индуктивных гипотез, необходимых для доказательства свойств программ. Также возможно совершить автоматизацию поиска инвариантов. Инварианты – ключевые свойства программ, которые упрощают процесс верификации. Машинное обучение позволяет автоматизировать поиск и генерацию инвариантов.

5. Обработка естественного языка (NLP).

Анализ документации. Машинное обучение может использоваться для анализа документации и комментариев, что помогает лучше понять требования и спецификации.

Сопоставление требований с кодом. Автоматическое сопоставление требований с реализацией программы позволяет выявлять несоответствия.

6. Объяснимость и интерпретация.

Данный аспект показывает разработку методов, позволяющих объяснять, почему модель приняла то или иное решение, что особенно важно для повышения доверия к результатам.

Преимущества использования машинного обучения в верификации:

1. Автоматизация задач и анализ больших объемов данных значительно ускоряют процесс верификации.
2. Машинное обучение позволяет обнаруживать ошибки, которые трудно найти традиционными методами.
3. Открываются новые возможности для верификации сложных программных систем.
4. Автоматизация и оптимизация процесса верификации сокращают затраты на тестирование и отладку.

Вызовы и ограничения:

Понимание причин, по которым машинное обучение выявило ошибку, может быть сложным и для этого нужно обучение, которое также требует больших объемов данных, что также сложно и дорого. Необходимо гарантировать, что модели работают корректно и не содержат собственных ошибок. Интеграция инструментов машинного обучения с существующими системами верификации может быть трудоемкой задачей.

В результате проведенного исследования можно сделать выводы, что машинное обучение играет значимую роль в верификации программного обеспечения, позволяя автоматизировать многие задачи, повысить точность и эффективность процесса верификации. Несмотря на существующие вызовы, машинное обучение имеет потенциал для развития в сфере верификации и обеспечения более надежного и безопасного программного обеспечения.

**Библиографический список**

1. Сытник А. А., Шульга Т. Э., Данилов Н. А. Онтология предметной области «Удобство использования программного обеспечения» // Труды института системного программирования РАН. Т. 30. № 2. 2018. С. 195–214.
2. Сытник А. А., Шульга Т. Э., Данилов Н. А., Гвоздюк И. В. Математическая модель активности пользователей программного обеспечения // Научно-исследовательский институт «Центрпрограммсистем», журнал «Программные продукты и системы». Т. 31. № 1. 2018. С. 79–84.

## **ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПОРТАЛА ПетрГУ КАК ПЛОЩАДКИ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЕРВИСОВ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ВУЗА**

© Голубев Е. В., Корякина А. Н., Марахтанов А. Г., Насадкина О. Ю.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

*akoryakina@petrsu.ru*

В статье описаны этапы развития Образовательного портала, как составляющей части электронной информационно-образовательной среды Петрозаводского государственного университета.

**Ключевые слова:** электронная информационно-образовательная среда, Образовательный портал, образовательные сервисы.

## **STAGES OF DEVELOPMENT THE EDUCATIONAL PORTAL OF THE PetrSU AS A PLATFORM FOR THE IMPLEMENTATION OF ADDITIONAL SERVICES FOR THE ORGANIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE UNIVERSITY**

© Golubev E. V., Koryakina A.N., Marahtanov A. G., Nasadkina O. Y.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The article describes the stages of development of the Educational Portal as an integral part of the electronic information and educational environment of Petrozavodsk State University.

**Key words:** electronic information and educational environment, Educational Portal, educational services.

Проект создания Образовательного портала ПетрГУ (<https://edu.petrsu.ru>) был реализован в рамках выполнения Программы стратегического развития на 2012–2016 годы «Университетский комплекс ПетрГУ в научно-образовательном пространстве Европейского Севера: стратегия инновационного развития», введен в эксплуатацию и обеспечен технической и методической поддержками его функционирования на регулярной основе в декабре 2014 года.

Образовательный портал ПетрГУ (далее – Портал) – это профильный образовательный портал, на котором в систематизированной форме предоставляется возможность сконцентрировать тематические сведения основных образовательных программ всех институтов о ресурсах дисциплин всех направлений подготовки или специальности. Обращение пользователей (абитуриентов и школьников, студентов, преподавателей, International Students, повышающих квалификацию, аспирантов, ординаторов) к такому portalу является целевым и направлено на совершенствование и накопление знаний по конкретному направлению подготовки или специальности. Под семантикой профильного образовательного портала понимают содержательную интеграцию дисциплин, образующих систему знаний обучающихся соответствующего направления или специальности.

Минувшее десятилетие показало своевременность реализации в ПетрГУ государственной политики в области электронного обучения (ЭО) и формирование предпосылок для внедрения сетевой формы реализации образовательных программ путем создания портала ЭО, предоставляющего единую точку доступа к содержанию, учебно-методическому обеспечению и автоматизированным средствам ЭО.

В настоящее время Образовательный портал, призванный обеспечить повышение эффективности, непрерывность и открытость обучения в вузе, стал площадкой для внедрения дополнительных сервисов организации образовательного процесса вуза.

Базовой задачей Портала остается добавление ресурсов и ссылок на ресурсы с привязкой к рабочим планам, как администраторами, так и преподавателями, при этом ресурс из Научной библиотеки РК не надо описывать 2 раза (в библиотеке и на портале), предусмотрен сервис, который дублирует описание и метаданные автоматически. Организация доступа к опубликованным ресурсам осуществляется с использованием Рубрикатора и сервиса Поиск электронных образовательных ресурсов, она доступна пользователям после модерации размещенных ресурсов.

В 2016 году вступил в силу Порядок проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета и программам магистратуры, утвержденный приказом Минобрнауки России от 29.06.2015 г. № 636. Согласно требованиям п.38 этого Постановления в ПетрГУ было разработано Положение, которое устанавливает порядок проверки выпускных квалификационных работ (далее – ВКР) обучающихся в ПетрГУ по образовательным программам бакалавриата, специалитета, магистратуры на объем заимствования, а также определяет процедуру размещения ВКР на Образовательном портале ПетрГУ.

На Портале был разработан сервис организации процесса полного цикла проверки выпускных квалифицированных работ на предмет заимствования. Сама проверка ВКР при этом происходит в системе «Антиплагиат.ВУЗ», а организация взаимодействия обучающегося, администраторов Портала, руководителя ВКР, методистов дирекций институтов происходит на самом Портале. Авторизованный доступ к Порталу осуществляется через логин и пароль информационно-аналитической интегрированной системы управления вузом (ИАИС) для всех участников процесса. Местом размещения в открытом доступе ВКР, которые прошли проверку и защиту стал Образовательный портал. На нем же генерируется статистика по итогам защит ВКР, которая необходима для оформления Протоколов по итогам защит.

Пандемия ускорила развитие сервиса проверок ВКР на заимствование. На Образовательном портале была осуществлена процедура полностью дистанционного процесса при проведении государственной итоговой аттестации (ГИА): проверка ВКР на предмет заимствования – знакомство членов ГАК с полным комплектом документов, необходимых для защит – проведение средствами ВКС процедуры защиты. Дальнейшим развитием сервиса стала организация доступа руководителей ВКР в кабинет «Руководство ВКР» ко всем ВКР студентов, которым он является руководителем.

С 2017 года на постоянной основе осуществляется интеграция Образовательного портала с ресурсами Электронной библиотекой Республики Карелия.

Следующим реализованным этапом развития Образовательного портала стала интеграция его ресурсов с Официальным сайтом ПетрГУ. Ресурсы, опубликованные на Образовательном портале с привязкой к рабочим планам и кафедрам ПетрГУ, автоматически отображаются на Официальном сайте ПетрГУ всех кафедр всех институтов в разделе «Учебно-методические ресурсы».

Функционал и возможности Образовательного портала расширяются. Стало возможным управление баллами Эффективного контракта за создание дистанционных курсов, реализована интеграция баллов, выставленных на Образовательном портале с ИАИС. Разработан сервис «Экспонаты», который востребован для задач, которым нужны QR-коды.

В настоящее время осуществлено интегрирование ресурсов Образовательного портала с Цифровым пространством обучающегося ПетрГУ (ЦПО), т. е. в расписании обучающихся в ЦПО при нажатии на название дисциплины отображается экран, содержащий следующую информацию:

- описание дисциплины;
- компетенции, которые формирует эта дисциплина;
- РПД;
- фотография преподавателя;
- расписание;
- возможность организации чата с преподавателем;
- все электронные ресурсы, которые прикреплены к дисциплине, включая те, которые опубликованы на Образовательном портале с привязкой к ней.

Вход в ЦПО ПетрГУ, так же, как и вход на Образовательный портал осуществляется по логину и паролю ИАИС.

В связи с изменением процедуры аккредитационного мониторинга по образовательным программам высшего образования у Образовательного портала появился новый функционал. Ресурсы, привязанные к дисциплинам рабочих планов на Портале, позволяют обеспечить выполнение показателя 2 аккредитационного мониторинга «Наличие электронной информационной среды».

Образовательный портал продолжает развиваться. Новые вызовы ждут новых решений.

#### Библиографический список

1. Корякина А. Н. Развитие информационно-образовательной среды вуза через создание дополнительных сервисов на образовательном портале ПетрГУ [Текст] / А. Н. Корякина // Материалы XI(1) всероссийской научно-практической конференции «Цифровые технологии в образовании, науке, обществе». Петрозаводск, 2017. С. 81–82. ISSN 978-5-8021-3218-0.
2. Голубев Е. В. Электронная информационно-образовательная среда ПетрГУ [Текст] / Е. В. Голубев, А. Н. Корякина, А. Г. Марахтанов, О. Ю. Насадкина // Материалы XIV всероссийской Научно-практической конференции «Цифровые технологии в образовании, науке, обществе». Петрозаводск, 2020. С. 37–39.

## РАСЧЕТ ПОЛОЖЕНИЯ СЕРВОПРИВОДОВ РОБОТИЗИРОВАННОЙ РУКИ ДЛЯ ЗАХВАТА ОБЪЕКТОВ С ДВИЖУЩЕЙСЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ

© Горина Е. Д., Семенов А. В.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

*eve.gorina@bk.ru*

Современные технологии автоматизации и робототехники получают все большее распространение в различных отраслях промышленности. Ключевой задачей в этой области является разработка эффективных алгоритмов захвата и перемещения объектов на конвейерной ленте. Точное позиционирование серводвигателей роботизированной руки значительно влияет на точность и скорость перемещений, что особенно важно в производственных условиях.

Данная статья посвящена расчету положения сервоприводов манипулятора робота для точного захвата объекта на движущемся конвейере. Эффективность системы определяется с учетом таких факторов, как скорость конвейера, параметры объекта и технические характеристики оборудования.

**Ключевые слова:** роботизированная рука, конвейер, расчет положения приводов, машинное зрение, захват движущихся объектов, робототехника.

## CALCULATING OF ROBOTIC ARM SERVOS DRIVES POSITION FOR OBJECTS CAPTURING FROM MOVING CONVEYOR BELT

© Gorina E. D., Semenov A. V.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

Modern automation and robotics technologies have become increasingly prevalent in various industries. A key challenge in this area is the development of efficient algorithms for capture and movement of objects on conveyor belts. The precise positioning of servo motors of the robotic arm significantly impacts the accuracy and speed of movements, which is particularly critical in manufacturing settings.

This research focuses on calculating the position of robotic arm servos for precise object capture on a moving conveyor. Taking into account factors such as conveyor speed, object parameters, and equipment specifications, determines the efficiency of the system.

**Key words:** robotic arm, conveyor, calculating the position of drives, machine vision, capturing moving objects, robotics.

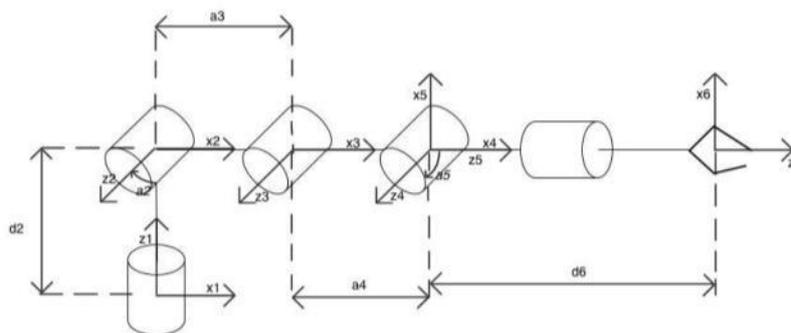
Целью данного исследования является создание математической модели, которая позволит не только непрерывно рассчитывать новые координаты положения движущихся на конвейерной ленте объектов, но и определять оптимальное положение сервоприводов в зависимости от параметров движения для их точного захвата. Результаты работы могут быть использованы для улучшения технологий автоматизации, повышения производительности и надежности роботизированных систем.

В рамках данного исследования был проведен анализ кинематики роботизированной руки и исследованы методы управления, обеспечивающие высокую точность захвата тестового объекта на движущейся конвейерной ленте. Особое внимание уделено оптимизации траекторий движения и минимизации времени реакции системы, что значительно увеличивает общую производительность.

Объектом исследования является роботизированная рука Yahboom Dofbot Robotic Arm [1] на базе одноплатного компьютера Raspberry Pi 4B с шестью степенями свободы и встроенной камерой. Наличие процессора и 4 гигабайта оперативной памяти позволяет интегрировать в разрабатываемые программы сложные алгоритмы, требующие больших и быстрых вычислений, включая нейронные сети.

Проблема расчета положений приводов при захвате и перемещении объектов сводится к решению задач прямой и обратной кинематики. Первая позволяет получить координаты положения и ориентации рабочего органа в пространстве для заданного набора обобщенных координат, а вторая позволяет получить набор обобщенных координат при заданных целевых координатах положения и ориентации рабочего органа в пространстве. Для решения и анализа задачи обратной кинематики можно использовать многочисленные методы и их комбинации, например, аналитический подход с использованием тригонометрии [2] или численный градиентный спуск [3]. Одним из наиболее успешных и широко используемых методов для работы с кинематикой манипулятора является метод Денавита – Хартенберга, матричный метод 4x4 или просто метод ДН [4]. Матрица Денавита – Хартенберга является стандартным и удобным способом описания кинематики робота, а сам метод показывает высокую эффективность для конкретных движений робота-манипулятора.

В работе [5] представлено решение задач прямой и обратной кинематики с использованием параметров Денавита – Хартенберга. Предложенный алгоритм был использован для планирования движений робота-манипулятора с шестью степенями свободы. Метод Денавита – Хартенберга основан на привязке координатной рамки к каждому звену и определении четырех параметров для каждого соединения, и использовании этих параметров для построения таблицы ДН. В итоге получается матрица преобразования между различными координатными рамками. Основная цель состоит в том, чтобы контролировать положение и ориентацию исполнительного механизма или захватного устройства в рабочей области. Параметры ДН исследуемой роботизированной руки представлены на рис. 1.



**Рис. 1. ДН-параметры**

К каждому звену привязывается система координат, чтобы определить его конфигурацию в соседних плечах, используя уравнение движения твердого тела. Получившиеся параметры Денавита – Хартенберга представлены в таблице 1. С помощью формул, описанных в учебном пособии [5], получаем несколько матриц однородного преобразования. Итоговую матрицу, связывающую все системы координат можно получить последовательным перемножением.

Таблица 1

**Параметры ДН шестизвенового манипулятора**

Звено	$a_{i_2}$ , мм	$\alpha_{i_2}$ , град	$d_{i_2}$ , мм	$\theta_{i_2}$ , град
1	0	90	82	$\theta_1$
2	33	0	0	$\theta_2$
3	83	0	0	$\theta_3$
4	83	90	0	$\theta_4$
5	0	90	0	$\theta_5$
6	0	0	187	$\theta_6$

Цель прямой задачи кинематики – найти линейные и угловые координаты системы, связанной со схватом, относительно базовой системы. Полученная матрица однородного преобразования содержит информацию, представленную в виде матрицы вращения и вектора. Матрица вращения с девятью элементами неудобна, потому что не всегда очевидно, какую ориентацию она задает. Для получения угловых координат ориентации в явном виде существуют различные способы параметризации матриц вращения с помощью трех чисел. В нашей работе используются углы Эйлера. Описание ориентации с их помощью заключается в том, что вся информация о положении и ориентации рабочего органа в пространстве может быть сосредоточена в шестимерном векторе, зная который, легко сформировать матрицу результирующего преобразования [6].

Обратная задача кинематики (ОЗК) заключается в расчете обобщенных координат при заданных линейных и угловых координатах рабочего органа манипулятора. Эта задача является более сложной, поскольку может вести к неопределенности решения, так как одному и тому же набору положения рабочего органа в пространстве могут соответствовать разные конфигурации робота. Исходными данными для ОЗК являются три линейные координаты, заключенные в вектор, три угловые координаты (углы Эйлера) и фиксированные параметры Денавита – Хартенберга. Кинематическая декомпозиция заключается в разделении ОЗК на две подзадачи: ОЗК по положению и ОЗК по ориентации. Первая подзадача заключается в определении взаимосвязи между заданными координатами рабочего органа и целевой точкой и в расчете первых трех координат таким образом, чтобы они соответствовали целевой точке. Решение включает в себя поиск тригонометрических соотношений между угловыми обобщенными координатами манипулятора, исходя из координат вектора. Последние три звена обеспечивают ориентацию рабочего органа с помощью оставшихся трех обобщенных координат, которые совпадают с углами Эйлера. Так как комбинация последовательных вращений вокруг текущих осей определяется путем перемножения с правой стороны, то оставшиеся обобщенные координаты могут быть рассчитаны по известным формулам с помощью ранее найденных параметров матриц вращения [5].

После проведения кинематического анализа робототехнической системы для решения задач прямой и обратной кинематики соответствующие алгоритмы были реализованы на языке программирования python для управления положением роботизированной руки при захвате движущихся объектов на конвейерной ленте. Для определения ориентации звеньев робота для захвата объекта с движущейся конвейерной ленты на вход функции, решающей ОЗК, необходимо передать координаты будущего положения объекта, которые он достигнет за время обработки роботом данных и за время, затрачиваемое на движение робота непосредственно к цели.

Задача по распознаванию объектов, движущихся по конвейерной ленте, была решена с помощью модели машинного обучения YOLOv4-tiny. Выбор модели обоснован источниками [1], [7]. С её помощью выполняется детектирование объектов и вычисляются координаты их центров в пикселях. Для преобразования координат положения объектов в миллиметры на основе одного кадра в нашей работе используется метод камеры глубины реализованный с помощью модели глубокого обучения MiDaS. С помощью этой модели решаются задачи калибровки камеры для определения фокусного расстояния и построения карты глубины, которая позволяет рассчитать расстояние до объектов, проецируя их пиксельные координаты в реальные [8].

После определения текущего положения объекта на движущейся конвейерной ленте необходимо рассчитать его будущее положение. Для решения этой задачи скорость движения конвейерной ленты  $v$  была определена экспериментально и составила 0,25 м/с. Будущее положение объекта рассчитывается по формуле:

$$y = y_0 + vt,$$

где  $y$  – положение объекта по оси  $y$  через  $t$ ,

$y_0$  – текущее положение объекта по оси  $y$ ,  
 $v$  – скорость движения конвейерной ленты,  
 $t$  – время, за которое робот успеет достигнуть целевую точку.

Результат работы программы и положение робота при захвате объекта представлены на рисунках 2 и 3.

```
Фокусное расстояние fx: 699.46
Фокусное расстояние fy: 366.79
Глубина: 256.09
Координаты объекта в мм: [ 16.885 -21.215 -0.72 ]
Целевые координаты объекта в мм (с учетом скорости): [ 16.885 12.7 -0.72 ]

--- Обратная задача кинематики ---
Звено 1: 78 градусов
Звено 2: 47 градусов
Звено 3: 45 градусов
Звено 4: 36 градусов
Звено 5: 90 градусов
Звено 6: 165 градусов
```

**Рис. 2. Результат работы программы по расчету положения робота-манипулятора для захвата объекта с движущейся конвейерной ленты**



**Рис. 3. Положение роботизированной руки при рассчитанных параметрах**

Следует отметить, что время, за которое робот успеет достигнуть целевой точки, складывается из времени, затрачиваемого на обработку кадров и перевод пикселей в миллиметры с помощью нейросетей и решение ОЗК с учетом перемещения объекта, и рассчитывалось экспериментально. Функция по решению ПЗК применялась для предварительной оценки точности расчетов конечного положения руки-манипулятора. Моделирование сцены происходило с помощью программы, предложенной разработчиками Yahboom для 3D визуализации положения робота при заданных углах наклонов сервоприводов.

В рамках данного исследования была спроектирована математическая модель, учитывающая движение объектов и кинематику манипулятора. Результаты работы показывают, что применение прямой и обратной кинематики, моделей машинного обучения для распознавания и аппроксимации движения объектов может повысить эффективность работы систем с конвейерными лентами.

#### **Библиографический список**

1. Yahboom. Dofbot-Pi. URL: <http://www.yahboom.net/study/Dofbot-Pi> (дата обращения: 01.11.2024).

2. Ростов Н. В. Анализ алгоритмов решения обратных задач кинематики в системах управления движением роботов, Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2014. Выпуск 5 (205). С. 93–99.
3. Глазков В. П. и др. К вопросу о решении обратной задачи кинематики для многозвенных манипуляторов // Современные проблемы биофизики, генетики, электроники и приборостроения. Материалы III Всероссийского семинара памяти профессора Ю. П. Волкова. 2017. С. 30–39.
4. Подкорытов Д. Д. Применение метода Денавита-Хартенберга в эксплуатации робототехники / Д. Д. Подкорытов // Инновационные научные исследования: гуманитарные и точные науки: Сборник материалов X-ой международной очно-заочной научно-практической конференции, Москва, 25 ноября 2022 года. Москва: Научно-издательский центр «Империя», 2022. С. 122–128.
5. Борисов О. И., Громов В. С., Пыркин А. А. Методы управления робототехническими приложениями // СПб.: Университет ИТМО. 2016. Т. 108.
6. Нестеров В. Н., Жеребятьев К. В. Математическое моделирование шестизвенного манипулятора универсального промышленного робота. Прямая кинематическая задача для робота пр125 // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2005. № 32.
7. Goertzel V., Iklé M., Potapov A., & Ponomaryov D. (Eds.). ONA for Autonomous ROS-Based Robots. В Artificial General Intelligence: 15th International Conference, AGI 2022, Seattle, WA, USA, August 19–22, 2022. Proceedings (с. 231–243). Springer, 2022. ISBN 978-3-031-19906-6. DOI: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-19906-6>.
8. Подгорный Д. А. Вопросы построения карты глубины на основе моно и видеопоследовательности / Д. А. Подгорный // Искусственный интеллект в промышленных, коммерческих, медицинских и финансовых приложениях: сборник статей научно-технического семинара студентов кафедры «Инженерной кибернетики», Москва, 30 декабря 2023 года. Москва: Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС», 2023. С. 91–99.

## **СИСТЕМА «УПРАВЛЕНИЕ КОМПЕТЕНЦИЯМИ УЧЕБНОГО ПЛАНА». ТРЕБОВАНИЯ И ПРОЕКТ БАЗЫ ДАННЫХ**

© Груздев М. С., Богоявленский Ю. А.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[gruzdev@cs.petsu.ru](mailto:gruzdev@cs.petsu.ru)

УКУП – это веб-приложение для автоматизации управления компетенциями и индикаторами учебных планов на базе веб-сервера ИМИТ ПетрГУ. Система позволит создавать, редактировать и связывать дисциплины с компетенциями, а также генерировать отчеты, что повысит эффективность работы с учебными планами. Приложение ориентировано на авторизованных пользователей и обеспечит удобное управление данными и отчетностью.

**Ключевые слова:** компетенции, индикаторы, СУБД, Flask.

## **THE SYSTEM «MANAGEMENT OF CURRICULUM COMPETENCIES». REQUIREMENTS AND DATABASE DESIGN**

© Gruzdev M. S., Bogoiavlenskii Yu. A.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

UKUP is a web application for automating the management of competencies and indicators of curricula based on the IMIT PetrSU web server. The system will allow you to create, edit and link disciplines with competencies, as well as generate reports, which will increase the efficiency of working with curricula. The application is aimed at authorized users and will provide convenient data management and reporting.

**Key words:** competencies, indicators, DBMS, Flask.

## Введение

В современном образовательном процессе важное место занимает разработка и управление учебными планами, включающими компетенции и индикаторы. Однако, на практике, работа с этими элементами часто вызывает множество затруднений. В текущее время работники дирекции ИМИТ выполняют операции по работе с компетенциями и индикаторами в учебных планах в таблицах Excel вручную, что является трудоёмким и неэффективным по времени процессом. Эта проблема подчеркивает необходимость внедрения специализированного приложения для автоматизации работы с компетенциями и индикаторами учебного плана. Поэтому актуальной является задача автоматизации процесса управления компетенциями и индикаторами учебных планов.

Для решения этой задачи на кафедре ИМО была сформулирована групповая курсовая работа. Целью данной работы является разработка и локальное развёртывание модуля управления компетенциями учебного плана веб-сервера ИМИТ. Для реализации задачи была сформирована команда студентов в составе: М. С. Груздев, И. К. Караушев и В. С. Шмоткин.

Для работы М. С. Груздева были выделены следующие задачи:

1. Разработать концептуальную модель данных.
2. Разработать логическую модель данных на основе концептуальной модели.
3. Разработать базу данных в выбранной СУБД.
4. Определить операции над данными, требуемые по функциональным требованиям.
5. Реализовать операции над данными, требуемые по функциональным требованиям.
6. Руководить сборкой и тестированием системы.

## Требования к системе

Для формирования требований была разработана ER-диаграмма предметной области.

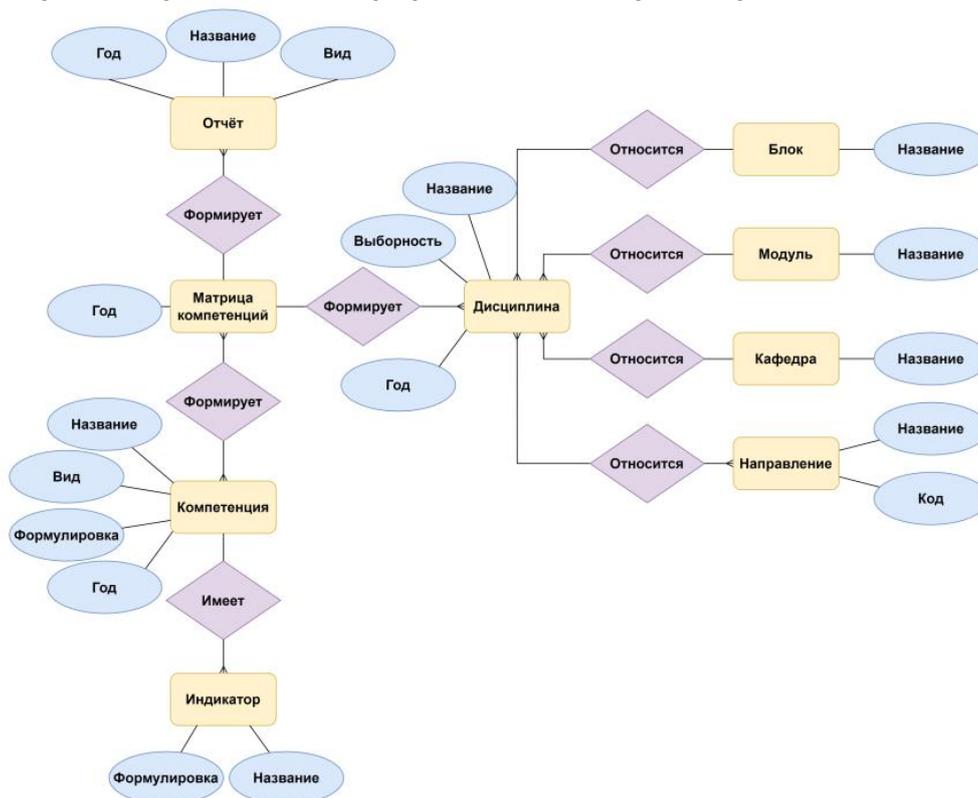


Рис. 1. Диаграмма предметной области

Полная спецификация требований представлена в [1] и включает в себя подробное описание модели предметной области, а также функциональных, не функциональных требований и ограничений системы.

Пользователь должно иметь следующие возможности:

- работать (создавать/редактировать/удалять) с компетенциями и их индикаторами, дисциплинами, связями дисциплины-компетенции и дисциплины-индикаторы;
- генерировать, просматривать, скачивать и распечатывать разные типы отчётов.

Из вышеперечисленных требований были выделены следующие операции над данными:

- создание/обновление/удаление записей о компетенциях, индикаторах, дисциплинах;
- чтение всех записей.

### Архитектура системы

Архитектура высокого уровня системы представлена на рисунке 2.

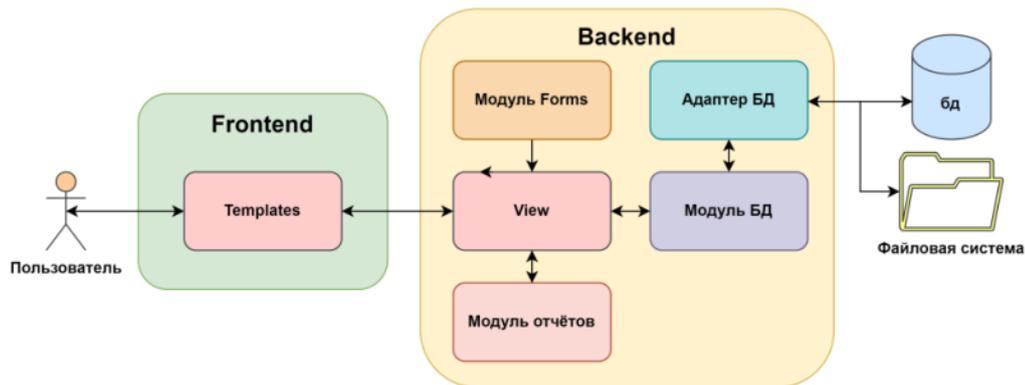


Рис. 2. Архитектура системы УКУП

Система содержит следующие модули:

1. Модуль БД – служит для создания запросов к базе данных, через обращение к классам из модуля «Адаптер БД».
2. Адаптер БД – обеспечивает удобное взаимодействие с базой данных и управление миграциями.
3. Модуль отображения – служит для отображения страниц и обработки действий пользователя.
4. Модуль форм – инициализирует и предоставляет формы для взаимодействия с пользователем.

### Структуры данных

В ходе проектирования структуры базы данных была разработана следующая инфологическая модель (рис. 3), представляющая собой концептуальную схему данных, где указаны основные сущности и их взаимосвязи:

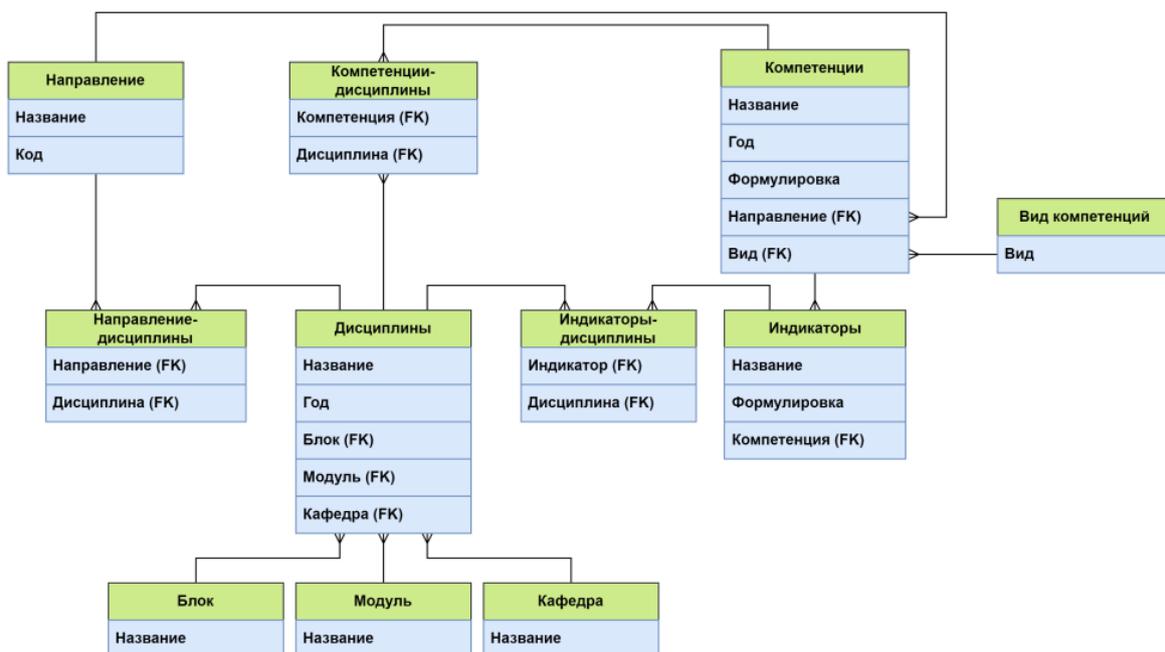


Рис. 3. Инфологическая модель базы данных

На основе инфологической модели была спроектирована реляционная модель базы данных (рис. 4) для более детализированного представления данных с учётом требований реляционной БД.

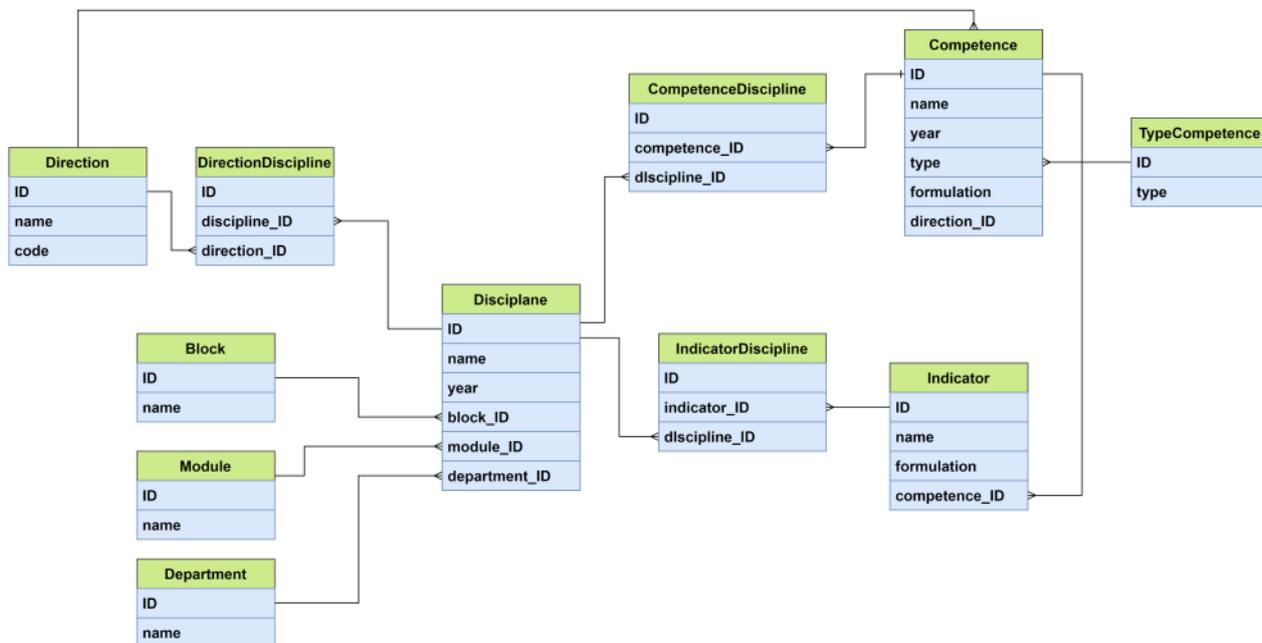


Рис. 4. Реляционная модель базы данных

В рамках данной работы для хранения и управления данными использована реляционная база данных MariaDB. Это решение обусловлено тем, что эта СУБД использована при реализации веб-сервера ИМИТ.

**Метрики**

В ходе работы над системой были написаны 11 классов моделей таблиц и 25 функций работы с БД. В таблице 1 представлены метрики реализованной части модуля и адаптера БД.

Таблица 1

**Метрики проекта**

Язык	Файлы	Строк кода
Python	5	791
SQL	1	194
CSS	2	157
HTML	2	62

В данный момент времени реализация системы продолжена в выпускных квалифицированных работах студентов Груздева М. С. и Караушева И. К.

В процессе работы были использованы инструмент разработки и прототипирования интерфейсов Figma, языки разметки и программирования HTML, CSS, JavaScript и Python, каркас Flask, шаблонизатор Jinja2, реляционная СУБД MariaDB [3].

**Библиографический список**

1. УКУП. Документы проекта [Электронный ресурс]. URL: [https://se.cs.petrstu.ru/wiki/Система\\_”УКУП”](https://se.cs.petrstu.ru/wiki/Система_”УКУП”) (04.11.2024).
2. Караушев И. К. Система «Управление компетенциями учебного плана». Проект интерфейса / И. К. Караушев, Ю. А. Богоявленский. Текст: электронный // В настоящем сборнике.
3. Ключов Н. К., Богоявленский Ю. А. Подсистема autoreport для генерации данных о семестровой отчетности студентов института математики и информационных технологий // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе. Петрозаводск, 2023. С. 48–52.

## РАЗРАБОТКА АССИСТЕНТА УМНОГО ДОМА НА БАЗЕ КРУПНОЙ ЯЗЫКОВОЙ МОДЕЛИ

© Дужик А. А., Ершова Н. Ю.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
tryokal@mail.ru

В работе рассматриваются способы улучшения взаимодействия с умным домом через более естественное общение с языковыми моделями, минимизацию ложных срабатываний и повышение надежности работы системы. Предлагаются две системы промптов для управления устройствами и решения проблемы ложных срабатываний, а также планируется оценка точности работы ассистентов.

**Ключевые слова:** умный дом, ассистент умного дома, промпт, языковые модели, GPT, надежность, взаимодействие, ложные срабатывания, галлюцинации.

## DEVELOPMENT OF A SMART HOME ASSISTANT BASED ON LARGE LANGUAGE MODEL

© Duzhik A. A., Ershova N. Yu.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

This project considers ways to improve interaction with a smart home through more natural communication with language models, minimizing false positives and increasing the reliability of the system. Two prompt systems are proposed to control devices and solve the problem of false positives, and it is also planned to evaluate the accuracy of the assistants.

**Key words:** smart home, smart home assistant, prompt, language models, GPT, reliability, interaction, false positives, hallucinations.

В последние годы устройства умного дома становятся неотъемлемой частью повседневной жизни, значительно улучшая комфорт и безопасность пользователей. В то же время, несмотря на широкое распространение таких систем, они все еще не могут предложить достаточно высокий уровень взаимодействия и управления за счет недостатков в интеллектуальных ассистентах. Многие российские компании, такие как Яндекс и Сбер, внедряют GPT-подобные языковые модели в свои платформы умного дома, предоставляя пользователям возможность вести более человекоподобную беседу с виртуальными ассистентами, однако в качестве управляющего звена для устройств умного дома такие системы еще не применяются на практике [1; 2]. Внедрение моделей в систему управления умным домом позволило бы улучшить понимание ассистентом косвенных (непрямых) команд и намеков пользователя. Но существует множество причин, почему компании не спешат внедрять модели, из которых стоит выделить недостаточную надежность языковых моделей в реальных условиях эксплуатации, что проявляется в ложных срабатываниях, галлюцинациях и других ошибках, которые могут затруднить управление устройствами и снизить доверие пользователей к технологиям [3].

Вопрос надежности является ключевым для внедрения языковых моделей в системы умного дома, поскольку любые ошибки или недопонимания ассистентом запросов пользователя могут привести к нежелательным или даже опасным действиям со стороны системы умного дома.

Цель данного проекта заключается в повышении надежности использования крупных языковых моделей для управления умным домом путем минимизации ложных срабатываний и улучшения взаимодействия пользователя с системой через более естественное общение и лучшее понимание непрямых запросов пользователя.

Для достижения поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Анализ проблем, связанных с ненадежностью языковых моделей, в частности, ложными срабатываниями и галлюцинациями, которые могут негативно сказаться на точности и надежности работы системы.

2. Разработка прототипов ассистентов умного дома, использующих языковую модель и системы промптов, которые позволят повысить точность и снизить частоту ошибок при управлении устройствами умного дома.

3. Оценка точности работы ассистента, в том числе частоты ложных срабатываний.

Промпт – текстовый запрос к языковой модели с определенным контекстом и инструкциями с целью получить желаемый ответ от модели.

Были проанализированы проблемы крупных языковых моделей [4; 5] и способы их решения, среди которых стоит выделить технику построения промптов для получения структурированных ответов [6; 7].

Были разработаны две разные системы из промптов и алгоритма их обработки, нацеленные на распознавания просьб пользователя об управлении умным домом:

#### 1. Система из двух промптов:

- первый промпт предназначен для управления умным домом. Модель отвечает исключительно текстом в формате JSON и не ведет беседу с пользователем. JSON структура содержит в себе идентификатор устройства, над которым осуществляется управление, и необходимые значения, поступающие на вход управляемого устройства. Дополнительный алгоритм, отдельный от модели, производит обработку JSON структуры и на ее основе формирует запрос, поддерживаемый устройствами умного дома;
- второй промпт составлен для формирования моделью неформального ответа от лица ассистента.

#### 2. Система на основе меток.

Промпт составлен таким образом, что модель отвечает в свободной форме от лица ассистента и, в случае необходимости, помещает метку в любой позиции в тексте ответа. Метка имеет особый формат и содержит идентификатор управляемого устройства, а также значения. Дополнительный алгоритм на языке программирования Python обнаруживает метки и строит на их основе запрос, поддерживаемом устройствами умного дома. После формирования запроса, метка убирается из ответа и оставшийся ответ предоставляется пользователю. Пример метки для включения вентилятора, где квадратные скобки играют роль особого форматирования для обнаружения метки алгоритмом: [FAN\_1: ON].

Были реализованы прототипы ассистентов умного дома на базе ChatGPT и с использованием данных систем промптов и составлена тестовая выборка из более, чем 100 промптов для проверки совпадения ответа языковой модели с ожидаемым ответом.

Далее планируется запустить автоматизированные тесты, в результате которых будет определена надежность ответов модели и частота ложных срабатываний при данных техниках построения промптов.

В заключение отметим, что внедрение языковых моделей в системы умного дома открывает новые возможности для улучшения взаимодействия с пользователями и повышения удобства использования. Дальнейшие исследования и тестирование помогут уточнить эффективность предложенных решений в достижении поставленных целей.

#### Библиографический список

1. «Яндекс» представила Алису нового поколения и улучшенную Алису Про [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/news/806703/>
2. Сбер построил GigaChat в ассистента Салют на умных колонках SberBoom [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://developers.sber.ru/portal/news/gigachat-na-kolonkax-sberboom-17-08-2023>
3. Chat GPT in smart home systems: prospects, risks, and benefits [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/371664803\\_Chat\\_GPT\\_in\\_smart\\_home\\_systems\\_prospects\\_risks\\_and\\_benefits](https://www.researchgate.net/publication/371664803_Chat_GPT_in_smart_home_systems_prospects_risks_and_benefits)
4. Large language models and the perils of their hallucinations [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://link.springer.com/article/10.1186/s13054-023-04393-x>
5. Beyond Accuracy: Evaluating the Reasoning Behavior of Large Language Models -- A Survey [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2404.01869>
6. StructuredRAG: JSON Response Formatting with Large Language Models [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2408.11061>
7. Pre-train, Prompt, and Predict: A Systematic Survey of Prompting Methods in Natural Language Processing [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://dl.acm.org/doi/full/10.1145/3560815>

## УЧЕБНЫЙ ДИЗАЙН-ЦЕНТР ПЕТРГУ ПО РАЗРАБОТКЕ И ПРОТОТИПИРОВАНИЮ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

© Екимов К. А., Ершова Н. Ю.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
ershova@petsu.ru

В Петрозаводском государственном университете создан учебный дизайн-центр разработки и прототипирования микроэлектронных систем. Одна из возможностей, открываемых благодаря дизайн-центру, это расширение материальной базы образовательного процесса за счет приобретения отечественного оборудования и программного обеспечения, комплементарного оснащению промышленных партнеров ПетрГУ. Обучающиеся смогут изучить BAGET-ПЛК1 и BAGET-ПЛК2, разрабатывая программное обеспечение в отечественных средах СРiО и/или MasterSCADA.

**Ключевые слова:** дизайн-центр, микроэлектронные системы, программируемые логические контроллеры, среда разработки.

## PETRSU TRAINING DESIGN CENTER FOR DEVELOPMENT AND PROTOTYPING OF MICROELECTRONIC SYSTEMS

© Ekimov K. A., Ershova N. Yu.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

Petrozavodsk State University has established an educational design center for development and prototyping of microelectronic systems. One of the opportunities opened by the design center is the expansion of the material base of the educational process through the acquisition of domestic equipment and software, complementary to the equipment of industrial partners of Petrozavodsk State University. Students will be able to study BAGET-PLC1 and BAGET-PLC2, developing software in domestic SR&E and/or MasterSCADA environments.

**Key words:** design center, microelectronic systems, programmable logic controllers, development environment.

В современных условиях переход на отечественное аппаратное и программное обеспечение (ПО) имеет стратегическое значение. Импортозамещение позволяет минимизировать зависимость от иностранных технологий, обеспечивая безопасность и стабильность национальной ИТ-инфраструктуры. Поэтому обучение студентов именно на российской аппаратуре и ПО, наполнение их собственного портфолио соответствующими разработками, делает выпускников специалистами, которые будут работать и развивать отечественную ИТ отрасль, способствуя устойчивости экономики и независимости страны от внешних факторов, позволяя более гибко и оперативно реагировать на вызовы рынка.

В рамках федерального проекта «Подготовка кадров и научного фундамента для электронной промышленности» [1] в апреле 2024 года в Петрозаводском государственном университете (ПетрГУ) на базе Наноцентра был создан учебный дизайн-центр в области разработки и прототипирования микроэлектронных систем. Организация дизайн-центра была поддержана субсидией, предоставленной Министерством науки и высшего образования РФ по соглашению № 075-02-2024-1518 и стала результатом успешной реализации коллективом ПетрГУ ряда проектов в области микроэлектроники [2; 3].

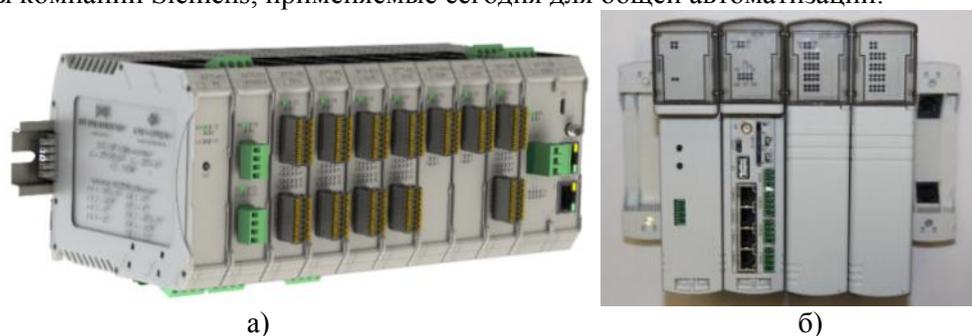
Цель данного проекта – реализация практической подготовки инженерных кадров путем вовлечения обучающихся в выполнение научно-технических проектов по проектированию изделий электроники в интересах промышленных партнеров, реального сектора экономики в привязке к технологическим и производственным возможностям отраслевых организаций.

Одной из задач, требующих решения для проведения современных исследований и разработок, является приобретение дизайн-центром оборудования и программного обеспечения (ПО), в первую очередь отечественного, комплементарного оснащению промышленных дизайн-центров и промышленных партнеров ПетрГУ.

В проекте финансирование выделяется только на закупку оборудования и ПО, поэтому, определившись с основными промышленными партнерами и выяснив их запросы по подготовке кадров и реализации текущих задач, был сформирован список необходимого оборудования, комплектующих и программ.

Основным партнером проекта стал Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук (НИИ СИ РАН) [4]. ПетрГУ имеет более чем 5 летний опыт выполнения совместных работ. Дизайн-центр и НИИСИ РАН продолжают сотрудничество в области проектирования сложно-функциональных блоков и систем на кристалле для использования этих микросхем в модернизируемых и перспективных космических аппаратах. Планируется совместная реализация проектов по разработке промышленных автоматизированных комплексов на базе отечественных доверенных интеллектуальных автоматизированных систем управления технологическими процессами.

В ФГУ ФНЦ НИИСИ РАН для использования в объектах критической инфраструктуры средней сложности разработана на базе отечественного микропроцессора серия промышленных программируемых логических контроллеров (ПЛК) [5; 6]. Эти ПЛК (рис.1) должны заменить промышленные контроллеры компании Siemens, применяемые сегодня для общей автоматизации.



**Рис. 1. Программируемые логические контроллеры Багет-ПЛК1 а) и Багет-ПЛК2 б) [7]**

В настоящее время на базе физико-технического института (ФТИ) открыт класс ПЛК Siemens SIMATIC S7-1500 (рис. 2). В классе проводятся занятия для студентов энергетических направлений подготовки и организованы занятия по дисциплине «Проектирование систем обработки информации и управления» со студентами направлений подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника и 12.03.01 Приборостроение. Разработана также программа дополнительного профессионального образования «Программируемые логические контроллеры для промышленной автоматизации», по которой уже обучились порядка 20 инженеров энергетических предприятий России.



**Рис. 2. Класс ПЛК Siemens SIMATIC S7-1500 ФТИ ПетрГУ**

В рамках импортозамещения на смену ПЛК Siemens должны прийти БАГЕТ-ПЛК1 [5] и БАГЕТ-ПЛК2 [6]. По проекту для обучающего класса были заказаны процессорные модули Багет ПЛК-2 с интерфейсами: USB, RS232, 3xRS485, 4x Eth 10/100 и EtherCAT с возможностью горячего резервирования, а также комплект дополнительных модулей ввода/вывода, комплект отладочных плат ПЛК и дополнительное оборудование для контроля и управления.

Для разработки проектов автоматизации предлагается среда разработки СРиО, которую НИИСИ РАН разрабатывают для программирования этих ПЛК.

Также российским разработчиком программного обеспечения компанией «МПС софт» ведется работа по реализации поддержки БАГЕТ-ПЛК1 в их универсальной полнофункциональной платформе для разработки систем автоматизации и диспетчеризации MasterSCADA.

Таким образом, открытие учебного дизайн-центр разработки и прототипирования микроэлектронных систем ПетрГУ позволяет существенно расширить базу отечественного аппаратного и программного обеспечения, подготавливая студентов к работе и формируя востребованные на рынке труда навыки работы с интеллектуальным российским оборудованием, закладывая устойчивость и стабильное развитие экономики страны в условиях современных вызовов.

### Библиографический список

1. Федеральный проект «Подготовка кадров и научного фундамента для электронной промышленности». Срок реализации: 2023–2030 гг. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://fcntp.ru/programmy-i-proekty/pknfep-extended.php?ysclid=m2nc6er240209837688>
2. Беспроводные системы и датчики [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://petsru.ru/page/science/about/brands/location>
3. Инновации и предпринимательство. ПетрГУ. Микроэлектроника. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ie.petsru.ru/development/r/300/>
4. Федеральное государственное учреждение «Федеральный научный центр Научно-исследовательский институт системных исследований Российской академии наук [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.niisi.ru/>
5. Программируемый логический контроллер «БАГЕТ-ПЛК1-01». [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.niisi.ru/БАГЕТ-ПЛК1-01.pdf>
6. ПЛК «БАГЕТ-ПЛК2». Руководство по эксплуатации. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.niisi.ru/РЭ\\_ПЛК2\\_изм1.pdf](https://www.niisi.ru/РЭ_ПЛК2_изм1.pdf)
7. Программируемые логические контроллеры. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.niisi.ru/pkl.htm>

## ПРОЕКТ ПОДСИСТЕМЫ «СЕРВИС РЕГИСТРАЦИИ ЗАЯВОК СТУДЕНТОВ НА ИЗУЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИН ПО ВЫБОРУ»

© Ермаков В. А., Богоявленский Ю. А.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

[kviski@mail.ru](mailto:kviski@mail.ru)

Данные о заявках студентов на изучение дисциплин по выбору важны для планирования учебного процесса так как позволяют исключить из нагрузки кафедр не выбранные студентами дисциплины и предоставить преподавателям списки студентов, выбравших их дисциплину. Существующая организационная схема регистрации заявок на бумажном носителе в дирекции требует много рутинной работы и потенциально подвержена риску различных ошибок.

Таким образом актуальной является задача разработки распределенной веб системы, обеспечивающей студенту сервис удаленной регистрации заявки, а специалисту дирекции – сервис автоматической генерации отчетов о заявках студентов. Такая система может быть разработана как расширение используемой с 2012 г. в Институте математики и информационных технологий системы регистрации курсовых и выпускных работ «Курс», в которой уже реализована поддержка списков студентов с указанием их принадлежности к направлениям обучения и учебным группам, а также механизм авторизации доступа.

Это означает, что для реализации сервиса регистрации заявок нужно будет дополнить систему «Курс» данными о дисциплинах по выбору, интерфейсом по фиксации заявок студентов и средствами генерации отчетов.

**Ключевые слова:** дисциплины по выбору, удаленная регистрация заявок, система «Курс».

## THE PROJECT OF THE SUBSYSTEM «STUDENT APPLICATIONS REGISTRATION SERVICE FOR THE STUDY OF ELECTIVE SUBJECTS»

© Ermakov V. A., Bogoiavlenskii Iu. A.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

Data on students' applications to study elective subjects is important for planning the educational process because it allows to exclude disciplines not selected by students from the workload of departments and provide teachers with lists of students who have chosen their discipline. The existing organizational scheme for registration of applications on paper in the directorate requires a lot of routine work and is potentially at risk of various errors.

Thus, the task of developing a distributed web system is relevant, providing a student with a remote application registration service and a specialist of the directorate with a service for automatically generating reports on student applications. Such a system can be developed as an extension of the coursework and graduation registration system «Course» used since 2012 at the Institute of Mathematics and Information Technology, which has already implemented support for student lists indicating their affiliation to areas of study and study groups, as well as the access authorization mechanism. This means that in order to implement the application registration service, it will be necessary to supplement the «Course» system with data on the disciplines of choice, an interface for recording student applications and report generation tools.

**Key words:** elective courses, remote registration of applications, the «Course» system.

Данные о заявках студентов на изучение дисциплин по выбору важны для планирования учебного процесса так как позволяют исключить из нагрузки кафедр не выбранные студентами дисциплины и предоставить преподавателям списки студентов, выбравших их дисциплину. Существующая организационная схема регистрации заявок на бумажном носителе в дирекции требует много рутинной работы и потенциально подвержена риску различных ошибок.

Таким образом актуальной является задача разработки распределенной веб системы, обеспечивающей студенту сервис удаленной регистрации заявки, а специалисту дирекции – сервис автоматической генерации отчетов о заявках студентов.

Целью работы является разработка сервиса регистрации заявок студентов на изучение дисциплин по выбору для веб-сервера Института математики и информационных технологий ПетрГУ.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- изучить необходимые инструменты разработки;
- разработать проект сервиса регистрации заявок студентов на изучение дисциплин по выбору.

Требуется создать распределённую систему для веб-сервера Института математики и информационных технологий для регистрации заявок на изучение дисциплин по выбору как дополнение к системе «Курс», основными функциями которой являются возможность пользователям оставлять заявки на изучение дисциплин по выбору, возможность администраторам корректировать список дисциплин по выбору, а также возможность специалистам дирекции формировать отчёт формата docx и pdf по заявкам на изучение дисциплин по выбору у выбранных пользователей.

К системе также выдвигаются требования в виде нахождения системы на веб-сервере Института Математики и Информационных Технологий и взаимодействия с системой «Курс». Для разработки системы целесообразно использовать уже используемые инструменты в структуре веб-сервера Института Математики и Информационных Технологий и в системе «Курс» [1].

**Система должна реализовывать 3 сценария:**

1. Пользователь авторизуется, просматривает список дисциплин по выбору, выбирает необходимые и сохраняет свой выбор.

2. Администратор авторизуется, просматривает списки дисциплин по выбору, добавляет, изменяет, удаляет элементы списка дисциплин по выбору или импортирует список из файла учебного плана.

3. Специалист дирекции авторизуется, выбирает фильтры и формирует файл отчёта.

#### Сценарий пользователя.

Пользователь авторизуется на сайте, в результате чего отображается главная страница. Пользователь переходит на страницу дисциплин по выбору, отображаются все доступные дисциплины по выбору для пользователя. Пользователь выбирает необходимые дисциплины по выбору и подтверждает свой выбор, изменения сохраняются, отображается уведомление о том, что выбор сохранён.

#### Сценарий администратора.

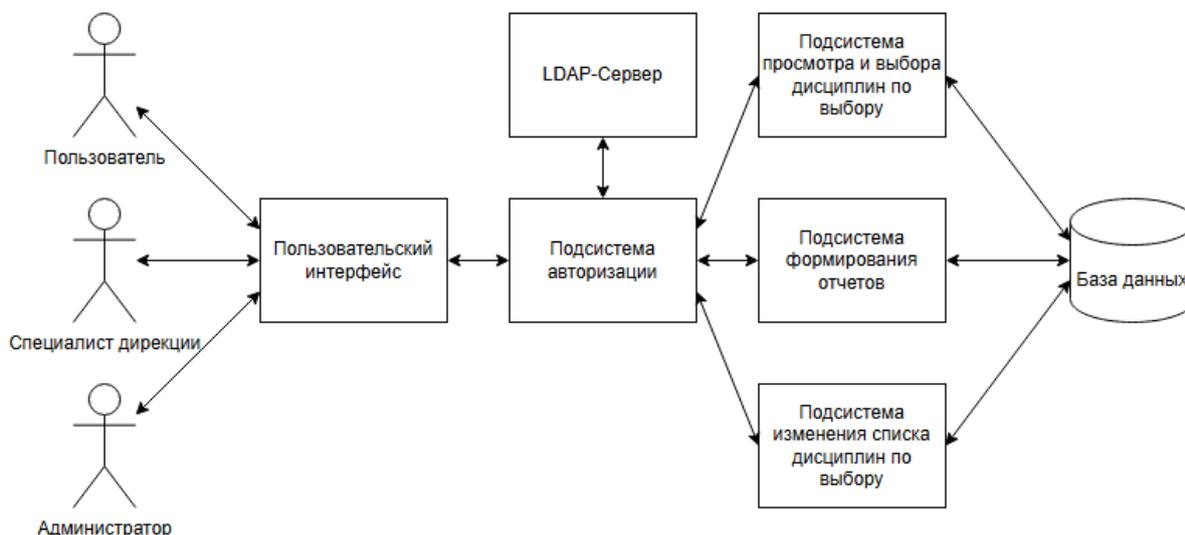
Администратор авторизуется на сайте, в результате чего отображается главная страница. Администратор переходит на страницу списков дисциплин по выбору, отображаются все дисциплины по выбору с фильтрацией по направлениям. Администратор добавляет дисциплину по выбору, дисциплина добавляется в список. Администратор изменяет, дисциплину по выбору и вносит новую информацию, дисциплина по выбору изменяется. Администратор удаляет дисциплину по выбору, дисциплина по выбору убирается из списка.

#### Сценарий специалиста дирекции.

Специалист дирекции авторизуется на сайте, в результате чего отображается главная страница. Специалист дирекции переходит на страницу формирования отчета, отображается интерфейс формирования отчёта с фильтрами. Специалист дирекции выбирает необходимые фильтры и формирует отчёт, отчёт формируется в формате docx и pdf и загружается на устройство специалиста дирекции.

С данной подсистемой взаимодействуют три категории пользователей: администраторы, пользователи и специалисты дирекции. Пользователи – студенты, авторизовавшиеся в системе «Курс». Администраторы – сотрудники, авторизовавшиеся в системе «Курс» с ролью администратора. Специалисты дирекции – сотрудники дирекции ПетрГУ, авторизовавшиеся в системе «Курс».

На рисунке ниже представлена архитектура системы с последующим её описанием.



1. Пользовательский интерфейс обеспечивает взаимодействие пользователей с подсистемами.

2. Подсистема авторизации регулирует права пользователей и предоставляет доступ к подсистемам.

3. LDAP-сервер используется для аутентификации пользователей.

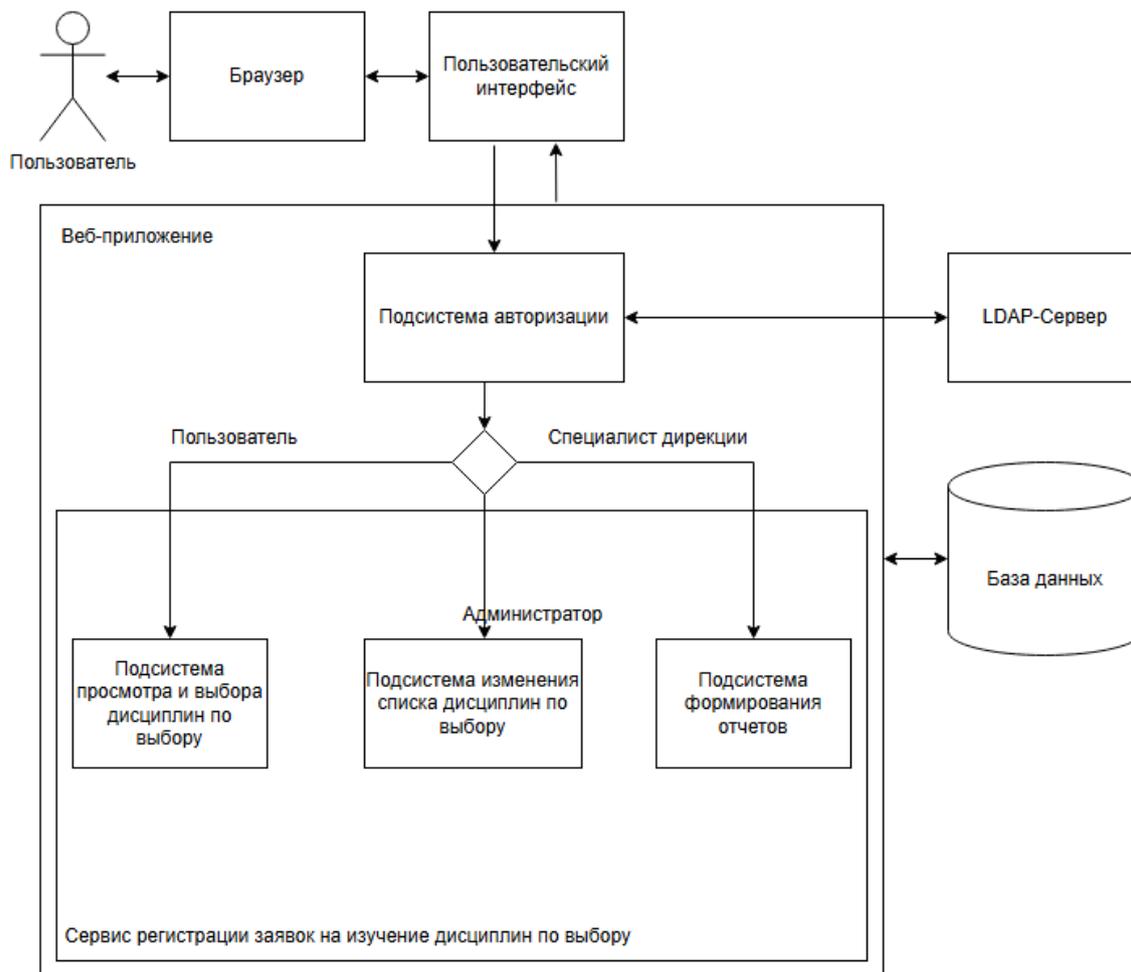
4. Подсистема просмотра и выбора дисциплин по выбору позволяет просматривать списки доступных дисциплин по выбору, выбирать их и оставлять заявку на их изучение.

5. Подсистема формирования отчетов позволяет формировать отчеты по заявкам на изучение дисциплин по выбору.

6. Подсистема изменения списка дисциплин по выбору позволяет просматривать список дисциплин по выбору, добавлять, изменять, удалять, импортировать дисциплины из файлов учебного плана.

7. База данных обеспечивает хранение данных о выбранных дисциплинах пользователями, списка дисциплин по выбору.

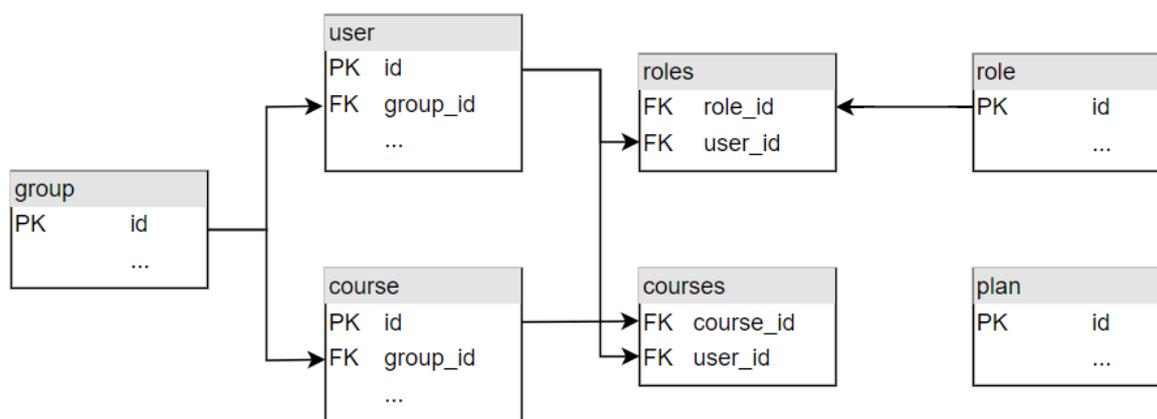
Проект архитектуры представлен на рисунке ниже с последующим описанием взаимодействия.



Высокоуровневое описание взаимодействия подсистем и модулей:

1. Пользователь взаимодействует с сайтом через браузер посредством пользовательского интерфейса сайта.
2. Пользователь авторизуется в системе сайта с проведением аутентификации через удалённый LDAP-сервер.
3. Подсистема просмотра и выбора дисциплин по выбору отображает список дисциплин по выбору, хранящийся в базе данных, а также сохраняет выбор пользователя в базу данных.
4. Подсистема изменения списка дисциплин по выбору отображает список дисциплин по выбору, хранящийся в базе данных и представляет пользователю возможности для его изменения. Изменения списка пользователем применяются к базе данных.
5. Подсистема формирования отчета создает отчет на основе сохраненных в базе данных заявок на изучение дисциплин по выбору пользователей.

Для корректной работы сервиса регистрации заявок на изучение дисциплин по выбору требуется база данных, включающая в себя таблицу пользователей с личными данными, идентификатором направления обучения и семестром обучения, таблицу ролей пользователей, таблицу связи ролей и пользователей, таблицу направлений обучения, таблицу дисциплин по выбору с информацией по дисциплине, идентификатором направления обучения и семестром обучения и таблицу связи пользователей и дисциплин по выбору.



В настоящий момент ведётся активная работа по разработке и внедрению сервиса регистрации заявок на изучение выбору в веб-сервер Института Математики и Информационных технологий.

#### Библиографический список

1. Цифровая среда института математики и информационных технологий. Система управления веб-ресурсом института математики и информационных технологий [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://it2018.petrstu.ru/files/pages/it2018.pdf>

## О ЗАДАЧЕ ОЦЕНКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕЛА В ПРОСТРАНСТВЕ НА МАЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

© Ермаков В. А., Корзун Д. Ж.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[ermvad@cs.karelia.ru](mailto:ermvad@cs.karelia.ru), [dkorzun@cs.karelia.ru](mailto:dkorzun@cs.karelia.ru)

Современные технологии позволяют автоматизировать процессы судейства и минимизировать влияние человеческого фактора. Одной из таких областей является автоматизация процесса оценки выполнения упражнений на уличных тренажерах, где важную роль играет точное определение угла положения подвижной рамы тренажера. Определение этих углов возможно с помощью системы, которая сочетает акселерометр и гироскоп для оценки ориентации тренажера в пространстве на основе метода фьюзинга данных с использованием фильтров (Калмана, Маджвика, комплиментарный). Оценка эффективности этих алгоритмов проводится с помощью метрик, включающих точность, время обработки данных и время реакции системы, что важно для работы на малопроизводительных устройствах, таких как микроконтроллер. В работе выполняется постановка задачи: на разработку этих метрик; вычисление метрик к используемым в работе фильтрам и оценку применимости этих фильтров.

**Ключевые слова:** цифровизация спорта, инерциальные системы, фьюзинг данных.

## TOWARDS THE PROBLEM OF ESTIMATING THE SPATIAL OBJECT ORIENTATION ANGLES ON LOW-PERFORMANCE DEVICES IN REAL-TIME

© Ermakov V. A., Korzun D. G.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

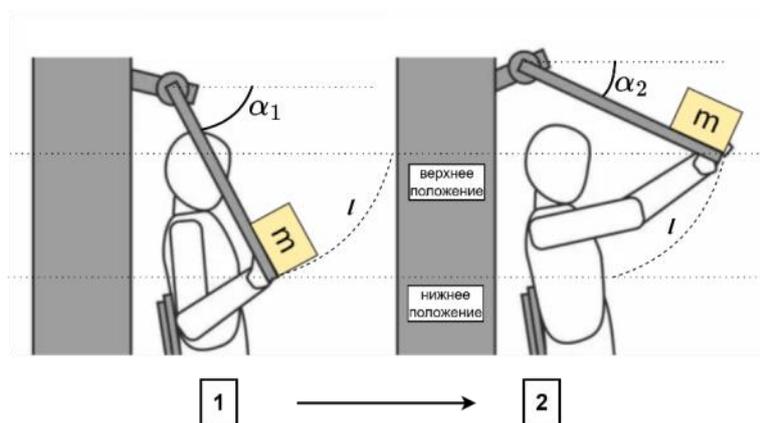
Modern technologies enable the automation of judging processes and the minimization of human error. One such area is the automation of evaluating exercise performance on training machines, where determination

of the angle of the movable machine frame is crucial. These angles can be determined using a system that combines an accelerometer and a gyroscope to assess the orientation of the machine. This approach is based on a data fusion method using filters (Kalman, Madgwick, and complementary filters). The effectiveness of these algorithms is evaluated using metrics that include accuracy, data processing time, and system response time. These metrics are important for operation on low-performance devices such as microcontrollers. The paper sets the task of developing these metrics, calculating the metrics for the filters used, and assessing the applicability of these filters.

**Key words:** digital sport, IMU, data fusing.

Текущий уровень технологий позволяет автоматизировать процессы при участии человека с целью минимизации рисков, связанных с человеческим фактором. Одной из таких областей, для которых требуется автоматизация, является судейство на спортивных соревнованиях [1]. Оценка арбитром того, насколько качественно и правильно выполнено упражнение – зачастую является субъективной. Например, в случае спортивной стрельбы, однозначно, можно назвать результат спортсмена. В то же время, например, при выполнении силовых упражнений с большими весами, арбитру необходимо определить условие достаточности выполнения упражнения – например, минимальную высоту подъема веса для данного спортсмена. Более того, для каждого спортсмена эта высота будет индивидуальной.

Для повышения точности оценки правильности выполнения, этот процесс автоматизируется, и результат этой оценки формируется электронно-вычислительным устройством [2]. Например, областью применением таких устройств являются уличные силовые тренажеры рычажной конструкции. В данном случае такая конструкция подразумевает перемещение веса  $m$  спортсменом по дуге  $l$ , описываемой вращением подвижной рамы с этим весом вокруг оси. Пример такого перемещение веса по дуге  $l$  представлен на рисунке 1 для упражнения жим от груди.



**Рис. 1. Механика работы тренажера «жим от груди». (1) и (2) крайние верхние и нижние положения рук при выполнении упражнения,  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  углы положения рамы при крайних положениях соответственно**

В такой механической системе из параметров, изменяется только угол положения рамы тренажера к горизонту. Крайние положения рамы для данного спортсмена эквиваленты согнутым и выпрямленным рукам соответственно. Составим соответствие: руки согнуты → крайняя нижняя точка с углом  $\alpha_1$ ; руки выпрямлены → крайняя верхняя точка с углом  $\alpha_2$ . Соответственно, достижение этих крайних точек, и как следствие углов, является условием правильного выполнения упражнения. Таким образом задача арбитра – определить эти углы [2].

Для минимизации человеческого фактора при определении текущего угла положения рамы предлагается использовать электронно-вычислительное устройство с датчиками, позволяющим определять положение рамы тренажера в пространстве. Такое устройство назовем *цифровым арбитром*. Возникает проблема качественного определения положения рамы устройством в пространстве – определение углов Эйлера. Согласно рисунку 1, из трех углов Эйлера для решения задачи определения положения подвижной рамы на данном тренажере достаточно одного угла.

Структурно, цифровой арбитр, выполняющий оценку правильности выполнения упражнения, состоит из:

1. Слой сенсорики
  - физический сенсор акселерометр;
  - физический сенсор гироскоп;
  - метод сбора данных.
2. Методов обработки и визуализации данных
  - фьюзинг данных на основе существующих методов;
  - метод визуализации.

Слой сенсорики содержит в себе два сенсора: акселерометр и гироскоп, с помощью которых система получает значения полного ускорения и угловой скорости трем осям соответственно. Метод сбора данных подразумевает первичную калибровку устройств и одновременное получение показаний с обоих датчиков для качественной оценки [3].

Акселерометр измеряет полное ускорение тела по трем осям:  $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ ,  $\alpha_z$ , сумма этих ускорений описывает полное ускорение системы:  $\vec{a} = \vec{a}_{line} + \vec{g}$ . Например, угол положения рамы тренажёра по установленному на нем акселерометру можно определить геометрически по направлению ориентации вектора ускорения свободного падения.

Гироскоп измеряет угловую скорость тела по трем осям:  $\omega_x$ ,  $\omega_y$ ,  $\omega_z$ . Интегрируя показания показаний гироскопа за единицу времени, получаем набор углов положения тела по трем осям соответственно.

Подход отдельного использования датчиков имеет следующие недостатки:

1. Гироскоп имеет собственный ненулевой дрейф показаний – смещение показаний от нулевого значения при отсутствии воздействия на него угловой скорости.
2. Акселерометр измеряет полное ускорение  $\vec{a}$ , с учетом линейного  $\vec{a}_{line}$  – на результирующий угол влияет линейное ускорение самой системы и внешние воздействия (например, ударные взаимодействия).

Для качественного определения углов поворота тела в пространстве предлагается использовать комбинацию датчиков: акселерометра и гироскопа. Такой подход называется – *фьюзингом данных*, получаемых с этих сенсоров, позволяет дать более точные данные о положении [3]. Рассматриваются следующие методы для фьюзинга данных цифрового арбитра:

- фильтр Калмана;
- фильтр Маджвика;
- комплиментарный фильтр,

для оценки точности определения ориентации тела в пространстве, а также быстродействию конечной системы на основе этих методов. Понимание того, какой алгоритм и в каком случае его целесообразно использовать достигается с помощью определения характеристик – метрик. Для оценки качества применения рассматриваемых алгоритмов в цифровом арбитра предлагаются следующие метрики.

Таблица 1

#### Метрики алгоритмов

Метрика	Обозначение	Физ. величина	Физ. смысл
Точность	A	безразм.	Точность соответствия полученных данных в соответствие реальным, с учетом внешних воздействий
Время обработки данных	$T_{data}$	секунда	Время обработки одного набора данных слоя сенсорики
Время реакции системы	$T_{system}$	секунда	Время реакции системы на лавинообразное изменение входных данных

Метрика точности показывает, насколько используемый метод соответствует реальной ориентации тела в пространстве. Временные метрики характеризуют время реакции системы на изменение состояния самой системы и время обработки данных. В случае цифрового арбитра система представлена малопроизводительным устройством – микроконтроллером или одноплатным компьютером (SBC). Для таких аппаратных решений важна вычислительная сложность используемых методов.

Высокая вычислительная сложность влечет увеличение  $T_{data}$  и  $T_{system}$ . Более того большее значение таких задержек недопустимо, так как углы ориентации тела в пространстве вычисляются в режиме реального времени. Полученный набор метрик даст комплексную оценку каждому из методов, что

поможет в дальнейшем при разработке подобных систем. Методики определения этих метрик будут определены в ходе дальнейшего исследования.

Таким образом для дальнейшего исследования ставится следующий ряд задач:

1. Определить методику формирования метрик.
2. Выполнить реализацию представленных ранее алгоритмов на малопроизводительных устройствах с использованием фьюзинга данных.
3. Вычислить метрики согласно методике п.1.
4. Дать рекомендации по применимости представленных алгоритмов для различных практических задач.

**Поддержка исследований.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-11-20040 (<https://rscf.ru/project/22-11-20040/>), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).

#### Библиографический список

1. Liu X., Guo J. A Systematic Study on the Application of Computer Big Data Analysis to Improve the Accuracy of Referee Decision in Sports Events // Journal of Electrical Systems. 2024. Т. 20. № 2. С. 1170–1180.
2. Смирнов К. А. Real-Time Evaluation of Hands Position at Sport Training Machine [Electronic resource] / К. А. Смирнов, Е. Д. Топчий, В. А. Ермаков, Д. Ж. Корзун // Proceedings of the 34th Conference of Open Innovations Association FRUCT. Riga, Latvia, 15–17 November 2023. Helsinki, 2023. Vol. 34. № 2. P. 278–281. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54884926>
3. Webber M., Rojas R. F. Human activity recognition with accelerometer and gyroscope: A data fusion approach // IEEE Sensors Journal. 2021. Т. 21. № 15. С. 16979–16989.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RAG МЕТОДА ДЛЯ АНАЛИЗА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ

© Жигалов А. Ю., Болодурина И. П.  
Оренбургский государственный университет  
Оренбург  
[leroy137.artur@gmail.com](mailto:leroy137.artur@gmail.com)

В докладе рассмотрен подход к применению метода RAG для построения вопросно-ответной системы для анализа образовательных документов.

Ключевые слова: NLP, RAG.

## USE OF RAG METHOD FOR ANALYSIS OF EDUCATIONAL DOCUMENTS

© Zhigalov A. Yu., Bolodurina I. P.  
Orenburg State University  
Orenburg

The report considers an approach to using the RAG method to build a question-and-answer system for analyzing educational documents

**Key words:** NLP, RAG.

Современный образовательный процесс сопровождается значительным объемом информации, представленной в разнообразных документах, таких как учебные планы, рабочие программы дисциплин, методические рекомендации и отчеты. Эффективный анализ этих материалов может помочь для предоставления необходимой информации будущим абитуриентам. Метод RAG[1] (Retrieve and Generate) представляет собой инновационный подход, который сочетает в себе возможности извлечения информации и генерации текста, что позволяет построить вопросно-ответную систему на основе документов образовательного процесса выбранного направления подготовки. Целью данного доклада

является исследование применения RAG для анализа рабочих программ дисциплин направлений подготовки высшего образования.

Метод RAG (Retrieval-Augmented Generation) – это подход в области обработки естественного языка, который использует генерацию текста на основе извлеченной добавленной информации. Этот метод используется для создания более информативных и точных ответов на запросы в задачах, связанных с вопросно-ответными системами и диалоговыми системами. Метод RAG можно представить в виде следующей схемы, представленной на рисунке 1.



**Рис. 1. Схема работы RAG**

Основными компонентами RAG являются функции извлечения (Retrieval) и генерации (Generation).

На первом этапе метод RAG извлекает релевантные документы или фрагменты текста из большой базы данных или корпуса информации. Это может быть сделано с помощью поисковых систем, таких как BM25[2], или более сложных моделей, обученных на конкретной задаче. Извлеченные документы служат контекстом для генерации на следующем этапе.

На втором этапе используется языковая модель (например, LLM [3]), которая получает извлеченные документы и формирует на их основе ответ на запрос.

Применение метода RAG (Retrieve and Generate) для построения вопросно-ответной системы в контексте анализа документов об образовательном процессе подготовки кадров высшего образования может быть реализовано в несколько этапов.

На первом шаге необходимо собрать и подготовить документы, содержащие информацию об образовательном процессе, таких как учебные планы, методические указания, файлы рабочих программ дисциплин. Эти документы могут быть в различных форматах (PDF, DOCX и др.), поэтому потребуется их предварительная обработка и конвертация в текстовый формат. Обработанные данные могут быть записаны в векторную базу данных Qdrant, в векторной базе данных поиск информации будет происходить быстрее.

На следующем шаге используется компонент извлечения информации, который помогает находить релевантные фрагменты текста в собранных документах по запросу пользователя. Для поиска релевантных документов запрос пользователя кодируется в векторное представление, для этого может быть использован трансформер, например BERT. Релевантность запроса оценивается как косинусное сходство между эмбедингом запроса и документов в векторной базе данных.

После того как система извлекла релевантные фрагменты, следующим шагом является генерация ответа на основе найденной информации. Найденные релевантные документы ранжируются, часть из которых отбрасывается. Отсортированные документы подаются на вход модели для генерации ответа, то что LLM увидит раньше сильнее повлияет на итоговый результат. Сгенерированный ответ возвращается пользователю.

Одним из способов применения метода RAG с использованием документов образовательного процесса может быть сервис для помощи абитуриентам по вопросам по темам и содержаниям дисциплин направлений подготовки.

### **Заключение**

Создание вопросно-ответной системы в сфере образования может позволить значительно упростить доступ к информации для студентов и абитуриентов. Метод RAG позволяет генерировать ответа по запросу пользователя на основе информации из релевантных документов, что поможет актуализировать ответы без дообучения больших языковых моделей под специфику области.

**Поддержка исследований.** Исследование выполнено финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам (СП-919.2022.5).

### Библиографический список

1. Архитектура RAG: полный гайд. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/raft/articles/791034/>
2. BM25. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://python.langchain.com/docs/integrations/retrievers/bm25/>
3. Большие языковые модели (LLM) в задачах. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/775870/>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ДОКУМЕНТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА МЕТОДАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

© Жигалов А. Ю., Болодурина И. П.

Оренбургский государственный университет

Оренбург

*leroy137.artur@gmail.com*

В докладе рассмотрено применение методов NLP для анализа рабочих программ образовательного процесса.

**Ключевые слова:** NLP, word2vec, схожесть текстов.

## RESEARCH OF DOCUMENTS OF THE EDUCATIONAL PROCESS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

© Zhigalov A. Yu., Bolodurina I. P.

Orenburg State University

Orenburg

The report discusses the use of nlp methods for analyzing work programs of the educational process.

**Key words:** NLP, word2vec, text similarities.

Методы NLP позволяют решать большой спектр задач в различных областях, в том числе и в образовании. В образовательном процессе содержится большой объем текстовой информации, который возможно анализировать. Одной из задач NLP является определение семантической близости между текстами, что позволяет провести кластеризацию текстов. В образовательном процессе данная задача может быть решена для определения схожести между различными направлениями подготовки и последующего анализа.

Для анализа схожести направлений подготовки использованы документы рабочих программ дисциплин. Рабочая программа дисциплины (модуля) – документ, входящий в состав образовательной программы высшего образования и определяющий объем, содержание, порядок изучения учебной дисциплины (модуля), а также способы контроля результатов ее изучения.

Исходный датасет представляет собой набор файлов из 586 рабочих программ по дисциплинам для 19 разных направлений, имеющие профильные дисциплины по информатике, математике, программированию и т. п. Файлы рабочих программ представлены в формате pdf. В документах основная информация содержится в разделе «Содержание разделов дисциплины», которая извлечена для формирования набора данных со следующими полями:

- наименование университета;
- код направления;
- наименование профиля;
- наименование дисциплины;
- текстовое описание из раздела «Содержание разделов дисциплины».

Перед векторизацией текстовых описаний дисциплин проведена предобработка, удаление стоп-слов и лемматизация с помощью библиотеки `rumystem3`. Облако сочетаний слов, имеющих наибольшую встречаемость во всех документах, представлено на рисунке 1.



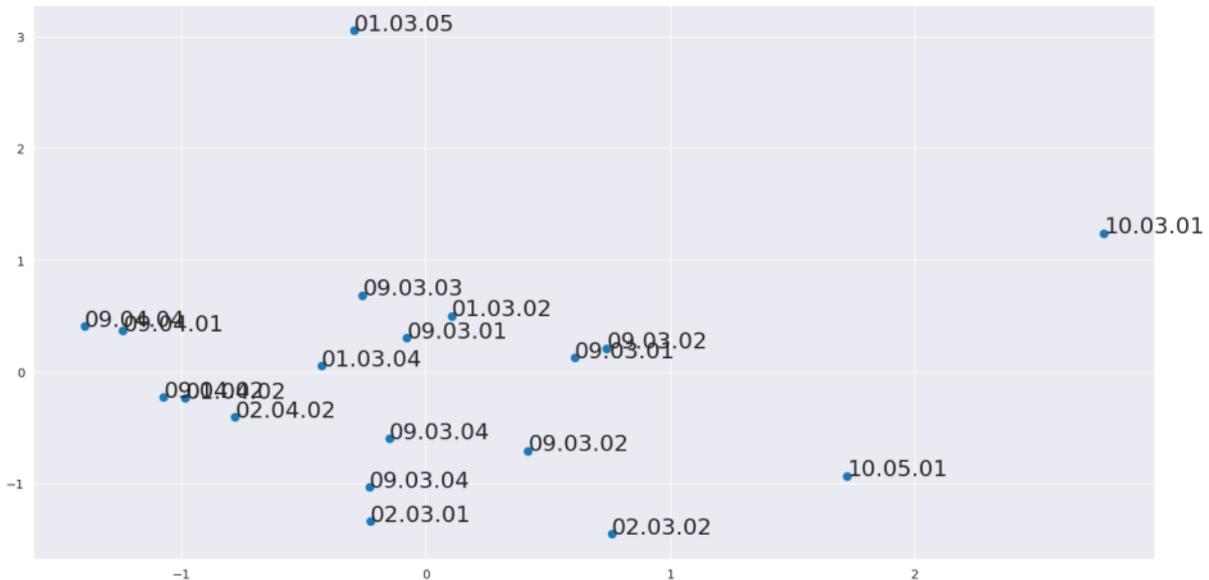
**Рис. 1. Облако наиболее встречающихся слов в документах рабочих программ дисциплин**

Для получения эмбедингов (векторов) слов обучена модель Word2Vec [1] библиотеки genism с алгоритмом SBOW [2] на текстах содержаний разделов рабочих программ. Алгоритм SBOW предсказывает текущее слово по его контексту, который состоит из слов, окружающих его в предложении. На вход подаются контекстные слова, а на выходе – целевое слово. Для обучения зафиксированы следующие параметры:

- размер эмбединга – 32;
- размер окна – 5;
- минимальная частота встречаемости – 5;
- количество эпох обучения – 30.

В результате обучения размер словаря равен 3109 слов. Векторное представление содержание дисциплины рассчитывалось как среднее из эмбедингов входящих в него слов.

Для представления 32-мерного вектора в визуально интерпретируемый вид необходимо понизить размерность, для этого использован метод главных компонент. После получения векторного представления направления возьмем сумму векторов дисциплин. Для 20 направлений результат представлен на рисунке 2.



**Рис. 2. Распределение направлений подготовки высшего образования дисциплин на основе схожести их векторных представлений**

В результате можно заметить сильное выделение направлений 01.03.05 профиля «Статистика и управление данными», от остальной части групп в связи с уклоном в статистику, а также направлений 10.03.01 и 10.05.01 связанных с безопасностью информационных систем.

#### **Заключение**

В докладе представлен подход к анализу схожести направлений подготовки высшего образования на основе образовательных документов рабочих программ дисциплин методами nPr.

**Поддержка исследований.** Исследование выполнено финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам (СП-919.2022.5).

### Библиографический список

1. Общее описание и реализация Word2Vec с помощью PyTorch. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/801807/>
2. Алгоритм обучения CBOW архитектуры для векторизации слов. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://habr.com/ru/companies/unistar\\_digital/articles/682032/](https://habr.com/ru/companies/unistar_digital/articles/682032/)
3. Как применять метод PCA для уменьшения размерности данных. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/otus/articles/769274/>

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ NLP ДЛЯ СОПОСТАВЛЕНИЯ ВАКАНСИЙ НАПРАВЛЕНИЯМ ПОДГОТОВКИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

© Жигалов А. Ю., Болодурина И. П.

Оренбургский государственный университет

Оренбург

[leroy137.artur@gmail.com](mailto:leroy137.artur@gmail.com)

В докладе рассмотрен подход к применению методов NLP для анализа схожести между дисциплинами направлений подготовки и вакансиями на рынке труда.

**Ключевые слова:** NLP, схожесть текстов.

## A STUDY OF THE APPLICATION OF NLP METHODS TO COMPARE VACANCIES IN AREAS OF HIGHER EDUCATION TRAINING

© Zhigalov A. Yu., Bolodurina I. P.

Orenburg State University

Orenburg

The report considers an approach to the application of NLP methods to analyze the similarity between disciplines of training areas and vacancies in the labor market.

**Key words:** NLP, similarity of texts.

В условиях динамичного рынка труда и постоянных изменений в образовательной сфере важно обеспечить качественное соответствие между требованиями работодателей и подготовкой специалистов в вузах. С увеличением объема доступной информации о вакансиях и образовательных программах, методы обработки естественного языка (NLP) становятся незаменимыми инструментами для анализа этих данных. Технологии NLP позволяют эффективно обрабатывать текстовую информацию, выявлять ключевые компетенции и навыки, необходимые на рынке труда, а также анализировать образовательные программы. Целью доклада является исследование применения методов обработки естественного языка для сопоставления вакансий с направлениями подготовки высшего образования.

Опишем методологию сопоставления направлений подготовки с вакансиями на рынке труда. Пусть имеются наборы данных о вакансиях и рабочих программах по дисциплинам направлений подготовки. Обучим векторное представление для описания вакансий, после чего применим модель векторизации к описаниям направлений на основе содержаний дисциплин. Для оценки близости между вакансиями и направлениями подготовки используем косинусное расстояние.

Для проведения эксперимента собрано 2 датасета: данные о рабочих программах дисциплин направлений подготовки и данные о вакансиях.

Набор данных о рабочих программах содержит информацию о 586 рабочих программ по дисциплинам для 19 разных направлений, имеющие профильные дисциплины по информатике, математике, программированию и т. п. Для каждой записи о рабочей программе имеется следующая информация: «Наименование университета», «Код направления», «Наименование профиля», «Наименование дисциплины» и текстовое описание из раздела «Содержание разделов дисциплины».

Набор данных о вакансиях собран из открытых источников платформы kaggle и github. Данные содержат информацию о вакансиях в сфере информационных технологий с портала headhunter.ru на

русском языке. Для проведения эксперимента из данных выбраны поля «Название вакансии», «Описание» и «Ключевые слова». Данные предобработаны: из описаний удалены html теги, удалены вакансии, в которых описание содержит менее 800 символов, удалены записи, в которых название вакансии встречается менее 20 раз, проведена лемматизация перед обучением модели, название вакансии приведено к нижнему регистру. Итоговый набор вакансий содержит 3078 записей, из которых 2316 имеют ключевые слова, в датасете 56 уникальных наименований вакансий.

Для построения векторных описаний вакансии использована модель Word2Vec с алгоритмом skip-gram [1; 2].

Пример визуализации эмбедингов на плоскости некоторых вакансий представлен на рисунке 1.



**Рис. 1. Пример векторизации случайных наименований вакансий**

В результате обучения размер словаря составил 4524 слова. Векторное представление наименования вакансии рассчитывалось как среднее из сумм эмбедингов входящих слов в описание одной вакансии. В таблице 1 представлены результаты для некоторых направлений подготовки.

Таблица 1

**Результаты сопоставления направлений подготовки высшего образования с вакансиями**

Направление подготовки	Сопоставленные вакансии
01.03.02 – Прикладное программирование и корпоративные информационные систем	('аналитик 1c', 0.078) ( 'разработчик 1c', 0.081), ( 'data scientist', 0.085)
01.03.04 – Математическое и компьютерное моделирование	('data scientist', 0.077), ( 'аналитик 1c', 0.102), ( 'тестировщик', 0.103),
01.04.02 – Глубокое обучение и генеративный искусственный интеллект	('data scientist', 0.08), ( 'разработчик python', 0.12), ( 'тестировщик', 0.124)
02.03.01 – Цифровые технологии	('data scientist', 0.067), ( 'разработчик python', 0.093), ( 'программист', 0.1)

**Заключение**

В рамках данного исследования рассмотрен подход к применению методов NLP для анализа схожести между дисциплинами направлений подготовки и вакансиями на рынке труда. Результаты анализа могут помочь для актуализации содержания рабочих дисциплин и их корректировки с требованиями на рынке труда.

**Поддержка исследований.** Исследование выполнено финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам (СП-919.2022.5).

### Библиографический список

1. Implement your own word2vec(skip-gram) model in Python. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.geeksforgeeks.org/implement-your-own-word2vecskip-gram-model-in-python/>
2. Skip-Gram Model in NLP. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.scaler.com/topics/nlp/skip-gram-model/>

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДЕТЕКЦИИ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ОКТ СНИМКОВ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА

© Жигалов А. Ю., Болодурина И. П.

Оренбургский государственный университет

Оренбург

*leroy137.artur@gmail.com*

В докладе рассмотрено применение модели YOLO для задачи oriented bounding box детекции.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение, YOLO, ОКТ изображения.

## APPLICATION OF DETECTION METHODS IN THE TASK OF RECOGNITION OF OCT IMAGES OF THE RETINA

© Zhigalov A. Yu., Bolodurina I. P.

Orenburg State University

Orenburg

The report discusses the use of the YOLO model for problem oriented bounding box detection.

**Key words:** computer vision, YOLO, OCT images.

Современные методы компьютерного зрения активно применяются для решения задач в области офтальмологии. В частности, алгоритмы и технологии глубокого обучения используются для обнаружения патологий на изображениях сетчатки, а также для сегментации её слоев и областей. Для обучения моделей компьютерного зрения применяются изображения, полученные с использованием оптической когерентной томографии (ОКТ), которая считается одним из наиболее информативных методов анализа состояния глаза для специалистов-офтальмологов. Тем не менее, разнообразие режимов и конфигураций томографов затрудняет автоматизированный анализ ОКТ-снимков с помощью искусственного интеллекта. Для решения проблемы разнородности конфигураций ОКТ оборудования можно применить модель нейронной сети детекции YOLO для выделения информативных областей и сегментов из снимка.

Целью данного доклада является исследование модели YOLO для задачи распознавания сегментов на снимках ОКТ сетчатки глаза.

Наиболее информативным сегментом для анализа ОКТ снимка является горизонтальное сечение сетчатки. Существуют конфигурации томографа, при которых данный сегмент располагается под углом. Таким образом, для универсальности решения анализа ОКТ снимка необходимо использовать oriented bounding box детекцию.

Для обучения модели сформирован датасет в формате DOTA<sub>v1</sub> [1], состоящий из 883 изображений для обучения и 240 для валидации. Для каждого изображения существует файл аннотации с размеченными сегментами. Формат аннотации сегмента описывается строкой вида: {class  $x_1$   $y_1$   $x_2$   $y_2$   $x_3$   $y_3$   $x_4$   $y_4$ }, где  $x_1$ ,  $y_1$ ,  $x_2$ ,  $y_2$ ,  $x_3$ ,  $y_3$ ,  $x_4$ ,  $y_4$  – нормализованные координаты угловых точек. Набор данных сгенерирован с добавлением шума и угла поворота.

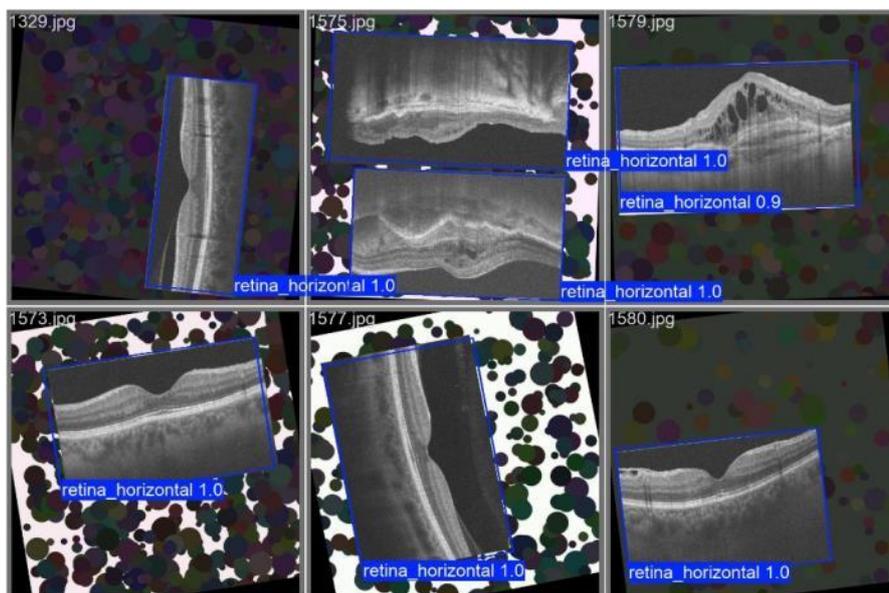
В качестве модели детекции использована предобученная нейросетевая модель YOLO11 в конфигурации «YOLO11n-obb», которая имеет 2.7 млн. параметров [2].

YOLO представляет собой архитектуру детектора для распознавания объектов в реальном времени. Она включает в себя две основные компоненты: энкодер (сверточные слои) и классификационный слой. Энкодер отвечает за предварительную обработку изображений и извлечение характеристик объектов.

Для обучения модели зафиксированы следующие параметры:

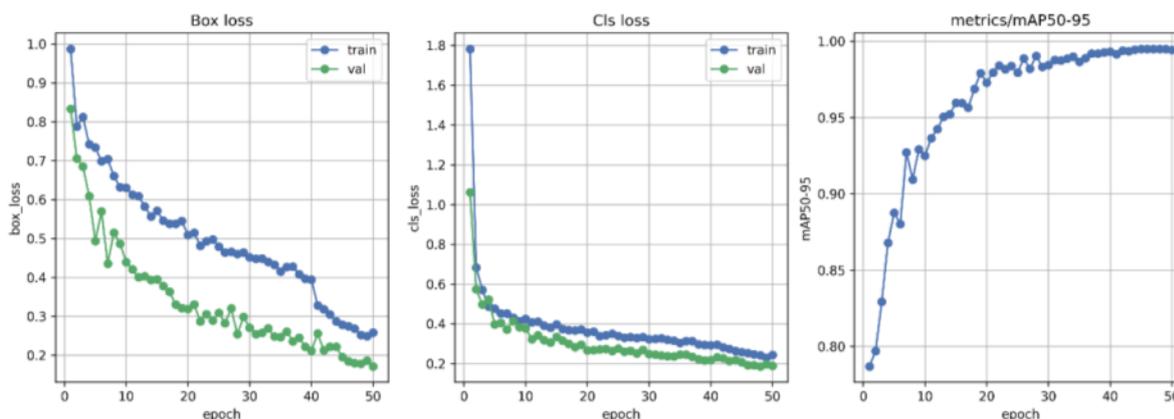
- количество эпох – 50;
- размер мини-выборки – 8.

Исходный программный код генерирования датасета, подготовки данных, аугментации и обучения модели доступен в github репозитории [3]. Пример распознавания обученной моделью измененных изображений с учетом поворота представлен на рисунке 1.



**Рис. 1.** Пример распознавания обученной ОБВ модели детекции

В процессе обучения, лучшая модель показала точность по метрике mAP(50-95) 0.99427 на валидационном наборе данных. Основные показатели метрик процесса обучения представлены на рисунке 2.



**Рис. 2.** Результаты обучения модели YOLO

Построенная модель может использоваться как первая часть комплексной системы анализа ОКТ снимков, а также расширена на дополнительные типы сегментов сетчатки глаза.

### Заключение

В рамках данного исследования рассмотрен подход распознавания сегментов горизонтальных сечений сетчатки на снимке ОКТ с помощью модели YOLO, учитывающей углы наклона изображений. Обученная модель имеет точность mAP (50–95 %) на валидационных данных показала точность 0.99427.

**Поддержка исследований.** Исследование выполнено финансовой поддержке стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам (СП-919.2022.5).

### Библиографический список

1. Oriented Bounding Box. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.ultralytics.com/datasets/obb/>
2. OBB – Ultralytics YOLO docs. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.ultralytics.com/tasks/obb/>
3. Retina OBB detection. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://github.com/innominity/retina-obb-prepare>

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ

© Зигинов А. Ю., Цветков Г. А., Столяров Д. А., Рего Г. Э.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

*aziginov96@gmail.com, gris.0431@gmail.com, stolyarov\_d\_a@mail.ru, regoGr@yandex.ru*

В исследовании рассматривается проблема лесных пожаров, которые наносят значительный ущерб экосистемам, экономике и здоровью людей. Традиционные методы прогнозирования, такие как метод Нестерова, основаны на климатических данных, но имеют ограничения. Современные подходы с использованием машинного обучения, включая метод опорных векторов, линейную регрессию и случайный лес, позволяют более точно предсказывать пожары, анализируя различные факторы: температуру воздуха, относительную влажность, растительные индексы и др. Исследование направлено на разработку прогнозных моделей для лесных пожаров в Карелии с использованием больших массивов данных. Ожидается, что комбинирование данных с метеостанций, беспилотников и спутниковых снимков обеспечит высокую точность предсказаний. Эти модели позволят повысить эффективность мер по предупреждению и снижению ущерба от пожаров.

**Ключевые слова:** прогнозирование пожаров, искусственный интеллект в лесной отрасли, регрессия, классификация.

## FORECASTING FOREST FIRES USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS IN THE REPUBLIC OF KARELIA

© Ziginov A. Y., Cvetkov G. A., Stolyarov D. A., Rego G. E.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The study addresses the problem of forest fires, which cause significant damage to ecosystems, the economy, and human health. Traditional forecasting methods, such as Nesterov's method, are based on climate data but have limitations. Modern approaches using machine learning, including support vector machines, linear regression, and random forest, allow for more accurate fire predictions by analyzing various factors: air temperature, relative humidity, vegetation indices, etc. The study aims to develop forecast models for forest fires in Karelia using large data sets. It is expected that combining data from weather stations, drones, and satellite images will provide high prediction accuracy. These models will improve the effectiveness of measures to prevent and reduce fire damage.

**Key words:** fire forecasting, artificial intelligence in forestry, regression, classification.

Лесные пожары являются серьезной проблемой, затрагивающей множество аспектов жизни как людей, так и природы, которая их окружает. Во-первых, лесные пожары ведут к уничтожению естественной среды обитания многих видов растений и животных, что может привести к их исчезновению. Пожары негативно влияют на структуру лесных экосистем. Сжигание древесины приводит к высвобождению углекислого газа и других парниковых газов в атмосферу, способствуя ухудшению климата, а также могут вызывать проблемы с дыханием и другие заболевания у людей, живущих не только вблизи, но и за десятки километров от эпицентра пожара. В конце концов, лесные пожары несут в себе серьезные экономические последствия. Помимо затрат на тушение пожаров и убытков

из-за сгоревшей древесины пожары наносят ущерб инфраструктуре и приводят к снижению прибыли отраслей [1].

Лесные пожары в Карелии представляют серьезную угрозу как для природы, так и для здоровья местных жителей. Это подчеркивает важность прогнозирования лесных пожаров как научной и практической задачи, особенно на фоне изменения климата и увеличения частоты экстремальных погодных условий. Наш регион отличается уникальной экосистемой с многообразием флоры и фауны, что делает вопросы охраны лесов еще более актуальными. Применение современных методов, таких как моделирование с использованием алгоритмов машинного обучения и анализ спутниковых данных, может значительно улучшить точность прогнозов. Важную роль в этом процессе играют метеорологические тенденции, включая температурные колебания и уровень осадков, а также статистика возникновения пожаров в регионе.

Один из традиционных методов прогнозирования лесных пожаров – метод Нестерова, основанный на анализе метеорологических данных и характеристик растительности. Для такого метода характерны использование различных климатических параметров, таких как температура, изменение температуры, влажность, направление и скорость ветра, а также количество осадков для оценки уровня пожарной опасности. Таким образом, важнейшей частью метода является расчет показателей пожарной опасности для классификации риска возникновения пожара. К примеру, коэффициент пожарной опасности (КПО) или индекс огнеопасности Нестерова рассчитывается по формуле:

$$КПО = \sum_{i=1}^n t^0 \times (t^0 - \tau),$$
 где  $t^0$  – температура воздуха на 13 часов, в °С ;  $\tau$  – точка росы для этой температуры воздуха, в °С ;  $n$  – количество дней после дождя [8].

Расширением традиционных подходов стало использование улучшенной методики, которая учитывает не только метеорологические факторы, но и дополнительные параметры, такие как техногенный фактор, расположение относительно человека, видовой состав леса, состояние почвы. Эта методика включает в себя более детализированные метеорологические параметры и учитывает локальные условия, что позволяет более точно предсказывать вероятность возникновения лесных пожаров. Вместе с этим, гораздо большее внимание уделяется анализу исторических данных о прошлом распространении пожаров, что позволяет выявлять закономерности. Использование таких методов требует большой работы по анализу данных, но результаты позволяют значительно повысить эффективность мониторинга и раннего предупреждения о потенциальных лесных пожарах.

Перспективным направлением повышения эффективности прогнозирования пожаров является внедрение методов машинного обучения и искусственного интеллекта. В исследовании [2] применили метод опорных векторов (support vector machine – SVM) для прогнозирования лесных пожаров на основе исторических метеорологических данных, включая температуру, влажность, скорость ветра и осадки, собранные в регионе Монтеж, Португалия. Использование этого метода позволило выявить закономерности между погодными факторами и риском возникновения пожаров, а высокое качество предсказаний подтверждает эффективность SVM в этой области.

В исследовании [3], направленном на предсказание вероятности лесных пожаров, использовалась линейная регрессия для анализа индексов растительности Normalized difference vegetation index (NDVI), которые отражают состояние растительности и её влажность. Данные, используемые для этого анализа, включали спутниковые снимки от Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) и Sentinel-1.

Метод случайного леса – это алгоритм машинного обучения, который строит ансамбль решающих деревьев для задачи классификации и регрессии, а затем усредняет их результаты для получения финального прогноза. Благодаря своей способности комбинировать результаты нескольких деревьев, он позволяет снизить риск переобучения и поддерживать стабильные предсказания. В исследовании [4] было продемонстрировано, как именно можно применить метод случайных лесов для прогнозирования лесных пожаров.

Планируется применить данные методы для предсказания возможности пожара на территории Карелии с помощью датасетов, содержащих данные о пожарах в Карелии и релевантную информацию. Датасет [5] о природных пожарах на территории России за период с 2012 по 2021 годы предоставляет ценные характеристики для анализа и моделирования лесных пожаров. Информация о типах пожаров, географических координат местоположения и дат их возникновения позволяет выявить закономерности и тренды в пожарной активности. Используя исторические данные можно оценить влияние различных факторов, таких как климатические условия и человеческая деятельность, на ве-

роятность возникновения пожаров. Анализ этих данных создает основу для разработки прогнозных моделей, которые могут предсказывать риски лесных пожаров в Карелии, что в свою очередь поможет в планировании мер по их предотвращению и минимизации ущерба для экосистем и населения региона.

Реестр природных пожаров [6] был собран из форм Информационной системы дистанционного мониторинга Федерального агентства лесного хозяйства. Датасет охватывает 2000–2024 годы и содержит 1 459 464 наблюдения по 23 атрибутам (точка регистрации пожара; даты первого и последнего наблюдения; площадь, пройденной огнем и др.). В датасете можно выделить данные для Карелии, т. к. данные разделены по регионам РФ.

Датасет [7] содержит оперативные сведения Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (МЧС России) о географических точках, типах и датах природных пожаров, происходивших на территории России с 2012 по 2021 годы. Набор содержит 660 254 наблюдения за период с 2012 по 2021 год.

В дальнейшем планируется объединить статистические данные, получаемые с метеостанций, зондов, беспилотников с данными, получаемые со спутников MODIS и National Aeronautics and Space Administration (NASA). Далее планируется применить перечисленные выше методы машинного обучения, а также нейронные сети для выявления сложных паттернов и зависимостей, влияющих на возникновение пожаров.

В результате данного подхода будут выбраны методы машинного обучения и подходящие датасеты, которые обеспечат надежность и точность прогнозирования лесных пожаров в условиях Республики Карелия. Это создаст основу для эффективного применения нашей модели в реальных условиях, позволяя своевременно реагировать на угрозу лесных пожаров и разрабатывать стратегии их предотвращения.

#### **Библиографический список**

1. Pausas J. G., Keeley J. E. Wildfires and global change // *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2021. V. 19. № 7. P. 387–395.
2. Cortez P., Morais A. J. R. A data mining approach to predict forest fires using meteorological data. 2007. P. 1–12.
3. Wildfire Risk Prediction: A Review [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://arxiv.labs.arxiv.org/html/2405.01607v1>
4. Официальный сайт платформы kaggle.com [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.kaggle.com/can-we-use-ml-to-predict-the-cause-of-a-wildfire> (дата обращения: 10.11.2024).
5. Официальный сайт платформы github.com [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://github.com/Artysparty/MLDataset> (дата обращения: 10.11.2024).
6. Природные пожары по данным Рослесхоза с 2000 года [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://tochno.st/datasets/fires> (дата обращения: 11.11.2024).
7. Официальный сайт платформы data.rcsi.science [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://data.rcsi.science/data-catalog/datasets/202/#> (дата обращения: 12.11.2024).
8. Кирсанов А. А. Моделирование распространения загрязняющих веществ в атмосфере при лесных пожарах: дисс. ... канд. географ. наук: 25.00.30 / Кирсанов Александр Андреевич; [Место защиты: Гидрометцентр России]. Москва, 2015.

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕРВИСЫ В ВУЗЕ. НА ПРИМЕРЕ DIRECTUM RX И МТС ЛИНК**

© Иванов М. Н.

Московский международный университет

Москва

[ivanov@veel.ru](mailto:ivanov@veel.ru)

В современных вузах активно внедряются интеллектуальные системы для автоматизации процессов. Примером таких решений является Directum RX, который оптимизирует документооборот и

управление задачами. МТС Линк, в свою очередь, обеспечивает надежную связь и интеграцию различных сервисов. Эти технологии способствуют повышению эффективности работы университетов. В статье рассмотрены возможности и преимущества данных решений на примере их использования в образовательных учреждениях.

**Ключевые слова:** интеллектуальные системы, машинное обучение, автоматизация, электронный документооборот, видеоконференцсвязь, управление задачами, Directum RX, МТС Линк, образовательные учреждения.

## INTELLIGENT SYSTEMS AND SERVICES IN HIGHER EDUCATION. ON THE EXAMPLE OF DIRECTUM RX AND MTS LINK

© Ivanov M. N.

Moscow International University  
Moscow

Modern universities are increasingly adopting intelligent systems to automate processes. An example of such solutions is Directum RX, which optimizes document management and task handling. MTS Link, on the other hand, provides reliable communication and integration of various services. These technologies help improve the efficiency of university operations. The article examines the capabilities and benefits of these solutions based on their use in educational institutions.

**Key words:** intelligent systems, machine learning, automation, electronic document management, videoconferencing, task management, Directum RX, MTS Link, educational institutions.

Современные технологии открывают перед образовательными учреждениями новые возможности. Интеллектуальные системы автоматизируют рутинные процессы, повышают эффективность работы сотрудников и студентов, а также позволяют экономить время и ресурсы.

Автоматизация документооборота с помощью систем, таких как Directum RX, позволяет университетам ускорить обработку данных, снизить количество ошибок и повысить прозрачность процессов. Это особенно важно для управления большими объемами информации в учебных заведениях.

Интеллектуальная система электронного документооборота Directum RX предоставляет расширенные возможности для автоматизации процессов: она упрощает выполнение задач, улучшает контроль за их выполнением и предоставляет интеллектуальные инструменты для анализа и прогнозирования.

Directum RX – это интеллектуальная система автоматизации документооборота, которая значительно упрощает процесс управления информацией и задачами в университетах. Одно из ключевых преимуществ этой системы заключается в её способности адаптироваться под конкретные нужды учреждения. Она предлагает гибкие инструменты для автоматизации различных процессов делопроизводства, бухгалтерии, договорных отношений [1].

Для делопроизводства:

- входящие документы распределяются по видам и журналам регистрации;
- регистрационные карточки заполняются в системе автоматически;
- определяется ответственный исполнитель по документу;
- по содержанию документа формируется проект резолюции.

Для бухгалтерии:

- автоматически заносятся и распознаются комплекты финансово-хозяйственных документов;
- проверяется корректность заполнения документов контрагентом;
- номенклатура сопоставляется с ценами и позициями заказа в ERP-системе;
- выполняются перекрестные и арифметические проверки внутри комплекта документов;
- подбирается типовая хозяйственная операция.

Для договорного отдела:

- контролируется наличие обязательных реквизитов в договорах;
- проверяются условия договора с точки зрения возможных рисков: штрафов, пеней, просрочки платежей;
- выявляются расхождения на любом этапе согласования договорных документов;

- доверенности проверяются на валидность и соответствие условиям договора;
- контролируется актуальность нормативных документов и их соответствие внешним НПА.

Directum RX предоставляет возможности по автоматическому созданию, обработке и хранению документов, что устраняет необходимость ручного вмешательства в рутинные операции. Это особенно важно для больших университетов, где объем информации может быть огромным, и даже незначительные задержки в обработке данных могут негативно сказаться на производительности всей системы.

В условиях растущей необходимости удалённого обучения видеокommunikации играют ключевую роль. Системы, такие как МТС Линк, позволяют не только обеспечивать надёжную связь, но и интегрировать учебные платформы, что упрощает взаимодействие студентов и преподавателей.

Преимущества экосистемы сервисов МТС Линк. МТС Линк – это комплексное решение для организации видеосвязи, которое предлагает гибкость и масштабируемость. Интеграция с различными платформами и высокая степень надёжности делают его незаменимым инструментом для образовательных учреждений.

Экосистема цифровых сервисов МТС Линк включает [2]:

- сервис для онлайн-встреч и совещаний;
- платформу для онлайн-обучения и вебинаров;
- платформу для создания онлайн-курсов и организации обучения;
- сервисы для гибридных и онлайн-мероприятий;
- корпоративный мессенджер;
- интерактивные доски для совместной работы.

МТС Линк – это платформа, которая предоставляет интеллектуальные решения для видеокommunikаций:

- транскрибация – после мероприятия в личном кабинете доступна полная текстовая расшифровка встречи;
- резюме – основные моменты встречи и договоренностей, выделенные с помощью искусственного интеллекта.

Преимущество МТС Линк заключается в её высокой степени интеграции с различными образовательными и административными платформами. Университеты могут использовать её не только для организации видеоконференций, но и для интеграции с системами электронного обучения и управления учебными процессами. Это позволяет преподавателям проводить лекции, семинары и консультации в режиме реального времени, а студентам – получать доступ к образовательным материалам из любой точки мира.

Внедрение интеллектуальных систем позволяет университетам становиться более адаптивными к изменениям, ускоряет процесс цифровизации и способствует повышению уровня обучения и внутренней эффективности работы.

### **Библиографический список**

1. Directum RX Intelligence. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.directum.ru/products/directum/intelligence><https://data.rcsi.science/data-catalog/datasets/202/>
2. Староверова Е.Н. Гибридное обучение в процессе цифровой трансформации образования // влияние трансформации внешних и внутренних рынков на развитие региона: Материалы XVII Международной научно-практической конференции по проблемам региональной экономики. Владимир, 2024. С. 170–176.

## **ЦИФРОВЫЕ СЕРВИСЫ ВНУТРИКОМАНДНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ВУЗЕ**

© Иванов М. Н., Иванова Н. Н.  
Московский международный университет  
Москва  
[info@mtu.ru](mailto:info@mtu.ru)

В данной статье рассматриваются программы для работы внутри команды в вузе, их основные достоинства и недостатки. Обсуждаются их возможности для достижения успеха работы команды.

**Ключевые слова:** канбан-доски, внутрикомандное взаимодействие, дистанционные технологии, сервисы управления проектами.

## DIGITAL SERVICES FOR TEAM INTERACTION IN A UNIVERSITY

© Ivanov M. N., Ivanova N. N.

Moscow international university

Moscow

In this article, we examine programs for teamwork within universities, their main advantages and disadvantages. We discuss their capabilities for achieving successful team collaboration.

**Key words:** kanban boards, team communication, distant technologies, project management tools.

В современном мире, где работа в командах стала неотъемлемой частью большинства бизнес-процессов, невозможно переоценить важность эффективного взаимодействия и координации между сотрудниками. В условиях растущей конкуренции и стремительного развития технологий, успешное управление командой требует использования специализированных инструментов. Программы для работы внутри команды играют ключевую роль в оптимизации рабочих процессов, улучшении коммуникации и повышении общей производительности. Эти решения предоставляют широкий спектр функций, начиная от совместного редактирования документов и заканчивая управлением проектами и аналитикой. В данной статье мы рассмотрим основные аспекты использования таких программ, их преимущества и особенности, а также обсудим, каким образом они могут способствовать успеху работы команды в вузе.

Использование цифровых сервисов важно не только в процессе обучения студентов, но и для того, чтобы управлять этим учебным процессом. Ведь в данной работе задействована не одна команда сотрудников, которая занимается планированием, управлением и автоматизацией процессов в вузе.

Руководителю необходимо иметь ряд инструментов, которые помогут оценить степень загруженности команд, горячие запросы на изменение механизмов управления и администрирования. Кроме того, нужно грамотно улучшать взаимодействие и координацию между сотрудниками, эффективно распределять задачи и отслеживать их выполнение. Такие программы часто включают функции для создания общих календарей и расписаний, а многие из них поддерживают совместную работу над документами в реальном времени.

Некоторые программы предлагают инструменты для видеоконференций и чатов, что упрощает общение внутри команды. Также важной функцией является возможность назначать задачи конкретным сотрудникам и устанавливать сроки выполнения.

На российском рынке существует несколько сервисов, которые помогают упростить эти процессы. Рассмотрим три наиболее популярных решения.

1. Яндекс.Трекер – это система управления проектами и задачами, разработанная компанией «Яндекс». Сервис ориентирован на организацию работы в командах разного размера и сложности структуры.

Основные функции:

- управление задачами: создание, назначение исполнителей, установка приоритетов и сроков;
- канбан-доски: визуализация задач и этапов проекта;
- отчеты и аналитика: мониторинг прогресса, анализ производительности команды;
- интеграции: поддержка интеграции с другими продуктами Яндекса, такими как Почта, Диск и др.

Преимущества:

- простой и интуитивно понятный интерфейс;
- гибкость настроек под разные типы проектов;
- бесплатная версия для небольших команд.

Недостатки:

- ограниченные возможности для больших корпораций;
- отсутствие некоторых продвинутых функций, характерных для западных аналогов.

2. Битрикс24 – это комплексный инструмент для управления бизнесом, включающий CRM-систему, управление проектами, внутреннюю социальную сеть и многое другое. Сервис предназначен для компаний любого масштаба.

Основные функции:

- задачи и проекты: создание задач, контроль исполнения, тайм-менеджмент;
- социальная сеть: общение сотрудников через ленту новостей, чаты, форумы;
- CRM: ведение базы клиентов, управление продажами;
- хранилище документов: облачное хранилище с возможностью совместного редактирования.

Преимущества:

- широкий функционал, охватывающий различные аспекты бизнеса;
- мобильные приложения для Android и iOS;
- обширные возможности настройки под нужды компании.

Недостатки:

- сложность освоения для новичков.
- высокая стоимость полной версии для крупных организаций.

3. Worksection – это веб-сервис для управления проектами, задачами и временем. Ориентирован на малые и средние бизнесы, а также фрилансеров.

Основные функции:

- проектное планирование: диаграмма Ганта, календари, тайминги.
- управление ресурсами: распределение задач среди членов команды.
- финансовый учет: расчет затрат, бюджеты проектов.
- уведомления и отчеты: автоматические уведомления о статусе задач, генерация отчетов.

Преимущества:

- удобство использования для небольших коллективов.
- возможность ведения нескольких проектов параллельно.
- доступна бесплатная версия с ограниченным функционалом.

Недостатки:

- недостаточная функциональность для крупных предприятий.
- некоторые ограничения в плане кастомизации интерфейса.

Если говорить про программные продукты более узкой направленности, то тут следует отметить инструменты для совместной работы, позволяющие оперативно решать задачи и обмениваться информацией. Одним из таких решений являются доски от МТС-Линк, предоставляющие уникальные возможности для корпоративных пользователей.

Доски МТС-Линк представляют собой высокотехнологичные устройства, предназначенные для коллективной работы в офисе или удаленно. Они сочетают в себе функции интерактивных дисплеев, планшетов и белых досок, объединяя возможности традиционных методов работы с современными цифровыми инструментами. Это универсальное решение для проведения совещаний, мозговых штурмов, презентаций и многого другого.

Основные характеристики и функции:

1. Большой сенсорный дисплей. Доска оснащена большим экраном высокого разрешения, позволяющим отображать информацию в деталях. Сенсорная поверхность обеспечивает удобство работы с контентом, будь то рисование схем, написание текста или перемещение объектов.

2. Совместимость с мобильными устройствами. С помощью специальных приложений сотрудники могут подключиться к доске со своих смартфонов или планшетов, что позволяет участвовать в обсуждении независимо от местоположения.

3. Функционал белой доски. Доски поддерживают рукописный ввод, что удобно для создания заметок, чертежей и рисунков. Также доступна функция автоматического распознавания текста, что облегчает дальнейший анализ и обработку информации.

4. Интерактивные презентации. Благодаря встроенному программному обеспечению, можно создавать и демонстрировать интерактивные презентации, добавляя мультимедийные элементы, такие как видео, изображения и графики.

5. Удаленное сотрудничество. Доску можно использовать для проведения видеоконференций, что особенно актуально в условиях удаленной работы. Участники могут видеть друг друга, обсуждать вопросы и вносить изменения в материалы в реальном времени.

6. Синхронизация с облачным хранилищем. Все созданные на доске материалы автоматически сохраняются в облачном хранилище, что гарантирует их доступность в любое время и с любого устройства.

7. **Безопасность данных.** Диски оснащены системой защиты данных, обеспечивающей конфиденциальность информации. Это важно для компаний, работающих с чувствительными данными.

8. **Простота установки и использования.** Установка и настройка досок не требуют сложных технических знаний. Интерфейс интуитивно понятен, что минимизирует время на обучение персонала.

Применение в бизнесе

Доски от МТС-Линк находят широкое применение в различных сферах бизнеса:

- образование. Учащиеся и преподаватели используют доски для проведения семинаров и лекций, создавая интерактивные учебные материалы;
- корпоративные тренинги и семинары. Доски помогают вести наглядные демонстрации, вовлекая участников в процесс обучения;
- проектные команды. Для разработки новых идей и планирования проектов доски становятся незаменимым инструментом, позволяя визуализировать концепции и идеи;
- маркетинг и продажи. Доски используются для подготовки презентаций, демонстраций продукции и обсуждений маркетинговой стратегии;
- управление проектами. Руководители проектов применяют доски для визуального представления задач, сроков и распределения ресурсов.

Преимущества использования досок от МТС-Линк

1. **Повышение эффективности работы.** Благодаря интерактивным возможностям, сотрудники могут быстрее и удобнее решать задачи, что ведет к повышению общей производительности.

2. **Улучшение коммуникации.** Удаленные сотрудники получают возможность активного участия в обсуждениях и принятии решений, что улучшает взаимодействие внутри команды.

3. **Экономия времени и ресурсов.** За счет объединения множества функций в одном устройстве, сокращается необходимость использования дополнительных инструментов и программного обеспечения.

4. **Удобство и комфорт работы.** Сенсорные экраны и интуитивно понятный интерфейс делают работу с досками комфортной и приятной.

Так как в данной статье мы рассматриваем цифровые сервисы командной работы внутри вуза, то мы не можем обойти своим вниманием основную контингент, а именно, учащихся.

Благодаря таким цифровым сервисам они получают доступ к учебным материалам, могут участвовать в обсуждениях, выполнять групповые проекты и получать оперативную обратную связь от преподавателей. Это способствует развитию критического мышления, навыков совместной работы и ответственности за результат.

Преподаватели также выигрывают от внедрения подобных решений. Они могут использовать эти системы для проведения онлайн-экзаменов, вебинаров и консультаций, что значительно экономит время и ресурсы. Более того, такие решения способствуют созданию профессиональных сообществ, обмену опытом и идеями между преподавателями разных кафедр и факультетов.

Современные цифровые сервисы значительно облегчают работу студентов и преподавателей, делая взаимодействие более гибким и эффективным. Использование этих инструментов позволяет лучше организовывать рабочие процессы, улучшать коммуникацию и повышать качество совместных проектов. Важно отметить, что выбор конкретного сервиса зависит от потребностей конкретной команды и характера выполняемых задач.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ В УНИВЕРСИТЕТЕ

© Иванова Н. Н., Трутенко М. П.  
Московский международный университет  
Москва  
[info@mtu.ru](mailto:info@mtu.ru)

В данной статье рассматривается программа Rosetta Stone для изучения иностранных языков обучающимися с использованием дистанционных образовательных технологий. Перечисляются сильные и слабые стороны программного продукта.

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, иностранные языки, дистанционные технологии.

## THE USE OF DIGITAL SERVICES IN FOREIGN LANGUAGE LEARNING AT THE UNIVERSITY

© Ivanova N. N., Trutenko M. P.

Moscow international university  
Moscow

In this article, we examine the Rosetta Stone program for learning foreign languages by students using distance education technologies. The strengths and weaknesses of the software product are discovered

**Key words:** distant education, foreign languages, distant technologies.

Изучение иностранного языка – это важный аспект образования, особенно в университетской среде, где знание одного или нескольких языков может открыть двери к международным карьерным возможностям и расширить кругозор. Современный мир стремительно меняется, и образовательные учреждения вынуждены адаптироваться к новым условиям. В последние годы цифровые сервисы стали неотъемлемой частью учебного процесса, особенно в сфере изучения иностранных языков. Сегодня в университетах всё чаще применяются современные технологии для улучшения процесса обучения. Одной из таких технологий является программа Rosetta Stone, которая завоевала популярность благодаря своему уникальному подходу к изучению иностранных языков. В этой статье мы рассмотрим, каким образом Rosetta Stone может быть использована в учебном процессе университета и какие преимущества она приносит студентам и преподавателям.

Программа Rosetta Stone предлагает уникальный подход к обучению. Она основана на принципе погружения в языковую среду, схожем с тем, как дети осваивают родной язык. Программа не использует переводы и объяснения на родном языке ученика, вместо этого она фокусируется на ассоциациях и контексте. Такой подход позволяет студентам постепенно наращивать словарный запас и грамматическую структуру нового языка, избегая ошибок перевода и неправильного восприятия.

Rosetta Stone можно использовать в университете как программу для самостоятельного изучения, как дополнительные материалы, также позволяет применить индивидуальный подход к каждому обучающемуся.

Студенты, которые обучаются посредством дистанционных технологий, должны иметь удаленный доступ к программе, что позволяет им заниматься в любое удобное время и в любом месте. Помимо основного курса, Rosetta Stone предлагает дополнительные материалы, такие как аудиофайлы, видеоролики и упражнения, которые можно использовать для закрепления изученного материала. Это помогает разнообразить учебный процесс и сделать его более интересным. Каждый студент учится в своем собственном темпе, и программа адаптируется под его уровень и потребности. Это позволяет каждому достичь максимального результата, независимо от начальных знаний.

Кроме всего вышеперечисленного, Rosetta Stone включает в себя регулярные тестирования, которые помогают оценить прогресс студентов и выявить слабые места. Результаты тестов могут быть использованы преподавателями для коррекции учебной программы и предоставления дополнительной помощи нуждающимся студентам.

В качестве преимуществ использования Rosetta Stone в университете мы можем выделить следующие:

Погружение в языковую среду. Данный признак позволяет студентам освоить новый язык естественным путем, что способствует лучшему пониманию и запоминанию.

Развитие разговорных навыков. В Rosetta Stone особое внимание уделяется развитию устной речи, что крайне важно для успешной коммуникации на иностранном языке. Студенты практикуют произношение и интонацию, получая мгновенную обратную связь от программы.

Доступность и удобство. Поскольку программа доступна онлайн, студенты могут заниматься в удобное для них время, что особенно ценно для тех, кто работает или учится с использованием дистанционных технологий.

Мотивация и вовлеченность. Игровой элемент и разнообразие упражнений делают процесс обучения увлекательным и интересным, что помогает удерживать внимание студентов и мотивирует их продолжать занятия.

Как и любая технология, Rosetta Stone имеет свои ограничения, основные из которых мы отметили ниже.

Ограниченный контекст. Хотя программа предлагает богатый лексический и грамматический материал, она не всегда учитывает культурные и социальные контексты, важные для полноценного овладения языком.

Необходимость дополнительного контроля. Без постоянного контроля со стороны преподавателя студенты могут столкнуться с трудностями в понимании сложных концепций или грамматических правил.

Технические требования. Для использования программы требуется стабильное интернет-соединение и соответствующее оборудование, что может быть проблемой для некоторых студентов.

В заключении следует отметить, что использование Rosetta Stone при обучении иностранным языкам в университете может существенно улучшить результаты студентов и сделать процесс обучения более увлекательным. Однако для достижения наилучших результатов в условиях обучения посредством дистанционных технологий, необходимо сопровождать учебный процесс в Rosetta Stone регулярными подробными консультациями и контролем преподавателей.

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ТРАЕКТОРИИ РУССКОЙ ПОРЕВОЛЮЦИОННОЙ ЭМИГРАЦИИ: СТАТИСТИЧЕСКИЙ И МАШИННЫЙ АНАЛИЗ ИСТОРИЧЕСКИХ АНКЕТНЫХ ДАННЫХ

© Ивашнев К. Р., Корзун Д. Ж., Антощенко А. В.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

*ivashnev@cs.petsu.ru, dkorzun@cs.karelia.ru, antoshchenko@yandex.ru*

Представлено исследование корпуса анкет, собранных Пражским комитетом к 175-летию Московского университета. Рассматриваются такие ключевые факторы, как возраст и место проживания, пол, специализация, участие в земских и международных организациях. Методологически исследование включает этапы предварительной обработки данных, вычисление метрик влияния признаков при помощи вычисления корреляций, теста значимости признаков с использованием алгоритма «Случайного леса» и применения теста хи-квадрат для категориальных переменных. Вычисленные значения метрик показывают, что значимые нелинейные зависимости между признаками анкет и типом карьеры точнее распознаются с помощью методов машинного обучения, в частности, анализа значимости признаков, что позволяет историку-исследователю дополнить корреляционные и статистические выводы исследования.

**Ключевые слова:** обработка естественного языка (NLP), анализ значимости признаков, случайный лес, тест хи-квадрат, категориальные данные, социолингвистический анализ, русская пореволюционная эмиграция.

## PROFESSIONAL TRAJECTORIES OF RUSSIAN POST-REVOLUTIONARY EMIGRATION: STATISTICAL AND MACHINE ANALYSIS OF HISTORICAL PERSONAL DATA

© Ivashnev K. R., Korzun D. G., Antoshchenko A. V.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The article is devoted to the analysis and processing of the corpus of questionnaire texts collected by the Prague Committee for the 175th anniversary of Moscow University. The analysis covers key factors such as age and place of residence, gender, specialization, participation in zemstvo and international organizations. Methodologically, the study includes the stages of preprocessing data, calculating correlations, testing the significance of features using the random forest algorithm and applying the chi-square test for categorical variables. The results show that significant non-linear relationships between the characteristics of questionnaires and the type of career are better identified using machine learning methods, in particular, the analysis of the significance of features, which allows us to complement the correlation and statistical conclusions of the study.

**Key words:** natural language processing (NLP), feature significance analysis, random forest, chi-squared test, categorical data, sociolinguistic analysis, Russian post-revolutionary emigration.

Настоящее исследование посвящено обработке и анализу корпуса анкетных текстов, собранных Пражским комитетом в честь празднования 175-летия Московского университета в 1930 году. Эти уникальные исторические данные, сохранившиеся в фонде Р-5820 Государственного архива Российской Федерации, представляют собой ценный источник информации о социальной и культурной жизни русской эмиграции в первой половине XX века [2]. Проблема исторического анализа данного набора данных описана в [1]. Ранее методики изучения карьерных траекторий российских эмигрантов «первой волны» были рассмотрены в [3].

В данном докладе рассматривается проблема систематизации и процесс обработки корпуса анкетных текстов с применением современных методов лингвистического и статистического анализа. С этой целью был выполнен анализ влияния факторов, перечисленных в анкетах и выделенных исследователями, на профессиональные траектории респондентов после окончания высшего учебного заведения. Для каждого из факторов в ходе выполнения анализа выполняется вычисление метрик влияния на успешность карьеры, указанную в анкете. Основное внимание уделено следующим факторам: гендерные особенности респондента, возраст эмиграции, влияние накопления опыта, специальность, характеристика учебного заведения, страна пребывания, географические перемещения, участие в международных и земских организациях.

Анализ корпуса анкетных текстов [2] осуществлялся в ходе нескольких ключевых этапов, каждый из которых был направлен на извлечение и интерпретацию данных при помощи инструментов и библиотек машинного обучения языка Python (scipy, scikit-learn и др.). На первом этапе анализа была выполнена предварительная обработка текстовых данных анкет с целью автоматического извлечения недостающей информации. Были использованы методы обработки естественного языка (NLP), такие как токенизация и лемматизация текста, а также применение регулярных выражений. Результатом обработки является структурированный набор данных, содержащий поля с признаками, полученными из анкет. В ходе следующего этапа исследования была выполнена предварительная обработка признаков анкет с целью дальнейшего анализа. Категориальные переменные были преобразованы в числовые значения с использованием метода Label Encoding, были заполнены пропуски в данных. Для оценки взаимосвязей между числовыми переменными, были рассчитаны коэффициенты корреляции, проведен анализ значимости признаков с использованием алгоритма «Случайного леса» (Random Forest) и тест хи-квадрат для категориальных переменных по критерию Пирсона. Алгоритм случайного леса показал свою эффективность для задачи, близкой к рассматриваемой – анализ пользовательских анкет в сфере банковского маркетинга [4]. Тест хи-квадрат по критерию Пирсона проявил результативность статистического анализа в области медицины [5].

По результатам корреляционного анализа можно сделать вывод о том, что наблюдаемая зависимость – как положительная, так и отрицательная – между признаками анкет и целевой переменной «Тип карьеры» является достаточно слабой. Это говорит об отсутствии выраженной линейной связи между исследуемыми признаками, что визуально подтверждается матрицей корреляции (рис. 1). Следует отметить, что корреляционный анализ имеет существенные ограничения. Он направлен на выявление линейных отношений и не охватывает более сложные взаимосвязи, а также не позволяет адекватно оценить влияние категориальных переменных на целевую переменную [6]. Учитывая данные ограничения, исследование дополняется такими методами работы с данными, как анализ значимости признаков и анализ категориальных переменных.

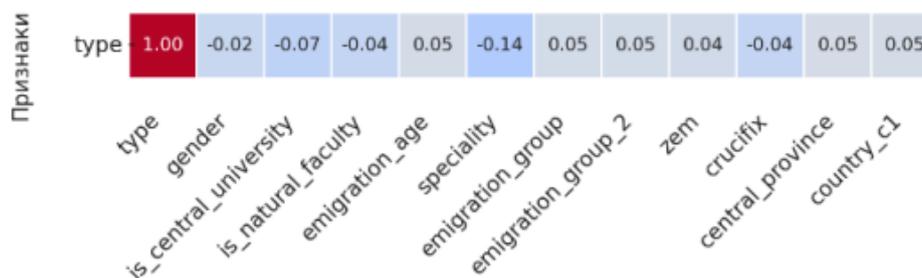
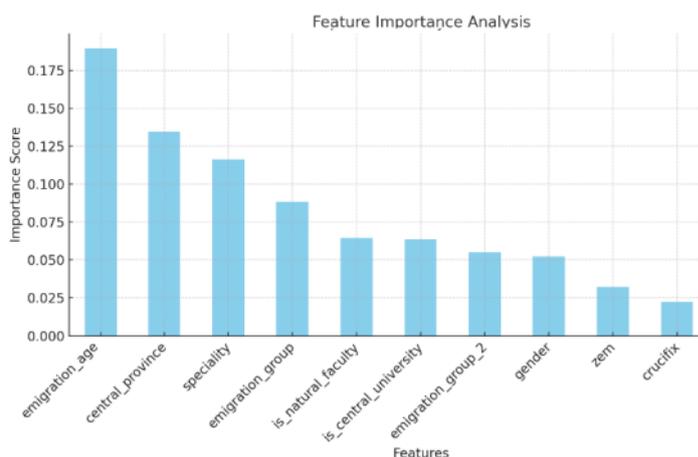


Рис. 1. Матрица корреляции признаков с типом карьеры респондентов

Для определения наиболее значимых признаков, влияющих на целевую переменную, был выбран алгоритм «Случайного леса», способный учитывать сложные и нелинейные связи между признаками и целевой переменной, а также взаимодействия между ними [4]. «Случайный лес», как ансамблевая модель, предоставляет надежные оценки важности признаков, благодаря чему позволяет не только оценить влияние каждого признака, но и минимизировать переобучение модели. Метрика значимости представлена в виде числа между 0 и 1, где сумма значимости всех признаков равна 1. Результаты применения алгоритма (рис. 2) показали высокие значения метрики по таким факторам, как «Возраст эмиграции» и статус «Столица/Провинция», по сравнению с остальными («Участие в земских организациях», «Участие в Красном Кресте» и др.)



**Рис. 2. Результаты анализа значимости признаков**

Большинство признаков в корпусе анкет являются дискретными переменными. В первую очередь, таковой является «Тип карьеры» (имеет 3 категории – «восходящая», «стабильная», «нисходящая»). Признаки, для которых требуется определить связь с данной переменной, также можно представить как категориальные (например, возрастные группы – в виде периодов по 5, 10 лет; тип специальности – «гуманитарные», «инженерные»; участие в международных организациях – «да» / «нет» и т. д). Подобный характер данных позволил провести непараметрический тест хи-квадрат для анализа. Критерием прохождения теста является сравнение p-value с уровнем значимости. Традиционно его определяют как 0,05, что означает, что лишь в 5 % случаев результат определения значимости влияния признака будет случаен [5]. Значение p-value, меньше установленного уровня, говорит о статистически значимой зависимости между переменными. В результате анализа выявлено, что переменные «Специальность», «Возраст эмиграции» имеют p-value около 0.05, что указывает на значимую связь с типом карьеры. Другие переменные, такие как «Пол», «Страна проживания» и другие, имеют высокие p-value, что означает отсутствие значимой связи на уровне значимости 5 %.

В результате выполненного анализа корпуса анкетных текстов, получены метрики связей для оценки зависимости между признаками и типом карьеры респондентов. С точки зрения исторического анализа, можно сделать вывод, что среди проходивших анкетирование наиболее высокий удельный вес успешных карьер имеют респонденты, эмигрировавшие в возрасте 20–30 лет, а также представители инженерных и технических специальностей. Эти признаки являются наиболее значимыми по результатам анализа. Основные методологические выводы включают следующее:

1. Корреляционный анализ показал, что большинство факторов имеют слабую линейную связь с целевой переменной. Самая значимая отрицательная корреляция была обнаружена с фактором «Специальность», но её значение всё равно достаточно слабое для линейного анализа. Можно говорить о том, что данный исследовательский метод не подходит для анализа рассматриваемого корпуса анкет и подобных наборов данных.

2. В отличие от корреляционного анализа, метод значимости признаков выявил, что некоторые переменные могут оказывать значительное влияние на целевую переменную. Это говорит о том, что связи между признаками могут быть нелинейными или более сложными, чем линейная корреляция. Признаки, такие как «Возраст эмиграции» и «Страна проживания», были помечены как значимые, что свидетельствует о возможном влиянии этих факторов на карьерный рост. Применение методов

машинного обучения является более предпочтительным для наборов данных, подобных рассматриваемому, по сравнению с традиционными методами корреляционного анализа.

3. Тест хи-квадрат выявил статистически значимую связь для некоторых категориальных переменных, таких как «Специальность» и «Возраст эмиграции». Это подтверждает, что данные переменные могут играть роль в определении типа карьеры, даже если линейная корреляция слаба. Можно сделать вывод о применимости метода категориального анализа для исследуемого корпуса набора данных и подобных ему.

*Поддержка исследований. Работа выполнена в ПетрГУ при поддержке гранта РНФ в рамках проекта «Празднование 175-летия Московского университета и академическое сообщество пореволюционной российской эмиграции», № 23-28-00836.*

#### Библиографический список

1. Антощенко А. В. Празднование 175-летия Московского университета в русском зарубежье (о методиках исследования) // Вестник Омского университета. Серия «Исторические науки». 2023. Т. 10. № 1. С. 61–68. DOI: 10.24147/2312-1300.2023.10(1).61-68
2. Вьюницкая Е. В. Выпускники Московского университета по данным анкеты Пражского комитета по ознаменованию 175-летия Московского университета // Гуманитарий: актуальные проблемы гуманитарной науки и образования. 2019. Т. 19. № 2. С. 137–149. DOI: 10.15507/2078–9823.046.019.201902.137-149
3. Мадрахимова Д. С. Применение искусственного интеллекта для экспертной оценки успешности карьеры российских пореволюционных эмигрантов с учётом их дореволюционного положения в академическом сообществе России / Д. С. Мадрахимова, А. В. Антощенко // Информационные технологии в гуманитарных исследованиях: Материалы Международной научно-практической конференции, Красноярск, 25–28 сентября 2023 года. Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2023. С. 114–118.
4. Dahouda M. K., Joe I. A deep-learned embedding technique for categorical features encoding // IEEE Access. 2021. Т. 9. С. 114381–114391.
5. Sapra R. L., Saluja S. Understanding statistical association and correlation // Current Medicine Research and Practice. 2021. Т. 11. № 1. С. 31–38.
6. Schober P., Boer C., Schwarte L. A. Correlation coefficients: appropriate use and interpretation // Anesthesia & analgesia. 2018. Т. 126. № 5. С. 1763–1768.

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОКРЫТИЯ МНОГУГОЛЬНИКА ВЕЕРОМ ПУТЕЙ С МИНИМИЗАЦИЕЙ ОБЩЕГО ЧИСЛА ОТРЕЗКОВ ПУТЕЙ

© Кадыров Я. О., Рего Г. Э.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

yaroslav\_kadyrov@mail.ru, regoGr@yandex.ru

Задача покрытия многоугольника веером путей заключается в построении минимального корневого покрывающего дерева, что требует оптимизации путей с учетом минимизации числа рёбер и длины маршрутов. Для решения задачи предлагается использовать генетический алгоритм, который адаптируется под различные ограничения, включая обход препятствий и минимизацию поворотных точек. Разработанное приложение будет интегрировано с геоинформационной системой (ГИС), что позволит учесть топографию местности при оптимизации маршрута, например, для задач разработки лесосек с минимизацией количества поворотных опор.

**Ключевые слова:** генетический алгоритм, разработка лесосеки, задача покрытия многоугольника, геоинформационная система, лесосека, поворотные опоры.

## DEVELOPMENT OF AN INFORMATION SYSTEM FOR SOLVING THE PROBLEM OF COVERING A POLYGON WITH A FAN OF PATHS WHILE MINIMIZING THE TOTAL NUMBER OF PATH SEGMENTS

© Kadyrov Y. O., Rego G. E.

Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The problem of covering a polygon with a fan of paths involves constructing a minimal root covering tree, which requires optimizing the paths by minimizing the number of edges and the total path length. A genetic algorithm is proposed to solve this task, adapting to various constraints, including obstacle avoidance and minimizing turning points. The developed application will be integrated with a Geographic Information System (GIS), enabling the consideration of terrain topography in route optimization, for tasks such as forest clearing development with minimal turning supports.

**Key words:** genetic algorithm, design of a cutting area, polygon covering problem, Geographic Information System, forest clearing, turning supports.

Задача покрытия многоугольника веером путей относится к классу задач оптимального покрытия [1] и построения маршрутов. Проблема заключается в построении минимального корневого покрывающего дерева. Под деревом будем понимать связный граф без циклов. Покрытие многоугольника корневым деревом для некоторого  $\varepsilon$  означает, что расстояние от любой точки многоугольника до ближайшей точки корневого дерева не превышает  $\varepsilon$  [2]. Основная цель – минимизировать общее число рёбер графа, необходимых для построения минимального корневого дерева, и общую длину путей, обеспечивая при этом избегание препятствий.

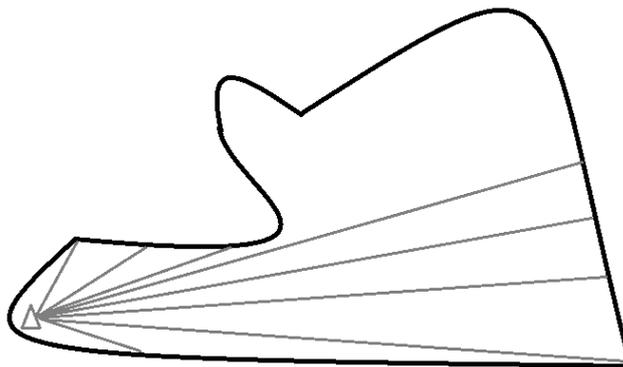
Данная задача встречается в различных прикладных областях, таких как геодезия, строительство и логистика в лесном массиве. Оптимизация путей может помочь минимизировать производственные затраты, исключить ненужные пересечения.

Для решения задачи покрытия многоугольника веером путей можно использовать генетический алгоритм. Данный алгоритм позволяет гибко учитывать различные ограничения задачи, включая минимизацию количества отрезков и обход препятствий, что достигается за счет адаптивной целевой функции и использования эволюционных операторов, таких как мутация и операция кроссинговера.

На начальном этапе алгоритм формирует множество случайных решений, каждое из которых состоит из набора маршрутов, покрывающих многоугольник. Каждое решение оценивается по степени его приспособленности на основе целевой функции, которая учитывает общую длину путей и количество поворотных точек. На основе полученной оценки отбираются лучшие решения, которые проходят через процессы скрещивания и мутации, образуя новое поколение решений. Скрещивание позволяет комбинировать успешные пути из разных решений, создавая более оптимальные маршруты, а мутация добавляет небольшие изменения, таким образом позволяя алгоритму избегать застревания в одном из возможных вариантов. Алгоритм выполняется до достижения определенного значения функцией приспособленности или же конечное число итераций, в результате будет сформировано корневое дерево, покрывающее заданный многоугольник.

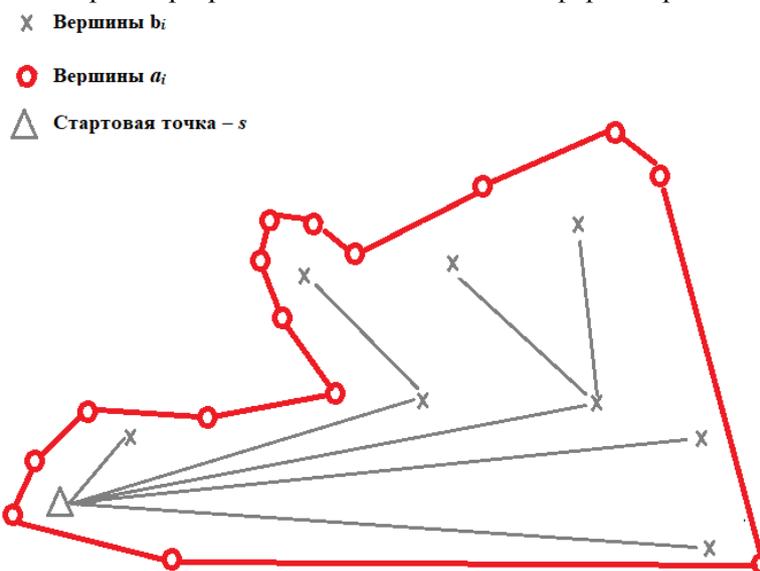
Прикладное решение задачи покрытия многоугольника веером путей может быть полезно для разработки лесосек. Одним из видов транспортировки рубленного леса является канатная трелёвочная установка [3–5]. Построение маршрута канатной дороги является технологической задачей создания схемы разработки лесосек. Технологическая карта в РФ – основной общепринятый разрешительный документ, регламентирующий работу лесозаготовителя на лесосеке [6].

На данный момент основной вид разработки лесосек, с помощью канатной трелёвочной установки – веерная, представлена на рисунке 1, но этот способ не может удовлетворить все потребности, так как на области сложной формы остаются недоступные участки. Данную проблему можно решить, добавив поворотные опоры. Монтаж данных опор достаточно затратен, поэтому ставится задача минимизировать их количество и число их перестановок.



**Рис. 1. Веерная схема разработки лесосеки**

Предположительный вариант разработки лесосеки сложной формы представлен на рисунке 2.



**Рис. 2. Схема разработки лесосеки используя поворотные опоры**

В ходе работы планируется создать приложение для решения задачи разработки лесосеки сложной формы с минимизацией количества поворотных опор. Для нахождения решения задачи будет использоваться генетический алгоритм. Разработанное приложение будет интегрировано с геоинформационной системой (ГИС). Эта интеграция обеспечит доступ к актуальным пространственным данным, необходимым для учета препятствий и более точного построения маршрута. Использование данных ГИС повысит точность и практическую применимость результатов, позволяя учитывать реальную топографию местности, например, рельеф, лесные массивы или водные объекты, что особенно важно для лесосек, расположенных в сложных ландшафтных условиях.

Пользователь в графическом интерфейсе вводит координаты границ лесосеки и стартовую точку маршрута. Эти данные будут автоматически обрабатываться системой, и алгоритм построит оптимальный путь, соответствующий заданным условиям. На выходе приложение будет генерировать карту, отображающую построенный маршрут с координатами всех опорных пунктов. Кроме того, система будет предоставлять дополнительные данные, такие как общая длина маршрута и количество поворотных точек. Эти данные позволят пользователю оценить эффективность маршрута, а также использовать их для практической реализации намеченного плана действий на местности.

Архитектура приложения будет состоять из нескольких ключевых компонентов. Во-первых, это модуль геоинформационной системы, ответственный за обработку и отображение пространственных данных. Во-вторых, модуль генетического алгоритма, который занимается оптимизацией маршрута на основе входных данных. Также интерфейсный модуль, обеспечивающий взаимодействие с пользователем и отображение результатов в удобной форме.

**Библиографический список**

1. Aldana-Galvan I. et al. On optimal coverage of a tree with multiple robots // *European Journal of Operational Research*. 2020. Т. 285. № 3. С. 844–852.
2. Пего Г. Э., Воронов Р. В., Григорьев И. В. Алгоритм локального поиска для задачи покрытия полигона лесом корневых деревьев // *ИВД*. 2022. № 10 (94).
3. Svoikin F., Svoikin V., Borozna A., Taraban M., Shavelkin D. Modernization of cable skidding by finding the boundary conditions *E3S Web of Conferences*, 2024, 515, 02017
4. Svoikin F., Sokolova V., Korolko N. and Shoshin A. 2020. Constructive solutions to improve cable haulers for development of hard-to-reach cutting areas. *E3S Web of Conferences* 193, 01048 (2020). ICMTE 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202019301048
5. Svoikin F. V., Korolko N. S., Korolko A. S., Borozna A. A., and Sorokin K. E. Construction of a cable yarding track by mathematical and software methods. *E3S Web of Conferences* 515, 01013 (2024). <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202451501013>
6. Приказ МПР РФ № 23 от 17.01.2022 «Об утверждении видов лесосечных работ, порядка и последовательности их выполнения, формы технологической карты лесосечных работ, формы акта заключительного осмотра лесосеки и порядка заключительного осмотра лесосеки».

## **СИСТЕМА «УПРАВЛЕНИЕ КОМПЕТЕНЦИЯМИ УЧЕБНОГО ПЛАНА». ПРОЕКТ ИНТЕРФЕЙСА**

© Караушев И. К., Богоявленский Ю. А.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[karaushe@cs.petrso.ru](mailto:karaushe@cs.petrso.ru)

Целью данной работы является разработка интуитивно понятного интерфейса и эффективного функционала модуля веб-приложения для управления компетенциями учебного плана, который обеспечивает взаимодействие с дисциплинами и индикаторами.

**Ключевые слова:** Flask, компетенция, индикатор.

## **SYSTEM «MANAGEMENT OF CURRICULUM COMPETENCIES». INTERFACE PROJECT**

© Karaushev I. K., Bogoiavlenskii Yu. A.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The purpose of this work is to develop an intuitive interface and effective functionality of a web application module for managing curriculum competencies, which ensures interaction with disciplines and indicators.

**Key words:** Flask, competence, indicator.

**Введение**

В образовательном процессе важное место занимает разработка и управление учебными планами, включающими компетенции и индикаторы. Формирование и оптимизация учебного плана, связывание дисциплин с компетенциями и индикаторами, вдобавок формирование отчётов являются крайне трудоёмкими процессами. Существующие трудности в управлении учебными планами и компетенциями, а также работа с этими данными в таблицах Excel, создают дополнительные нагрузки на работников образовательных учреждений.

Цель разработки модуля веб-приложения заключается в создании удобного и функционального инструмента, который позволит автоматизировать и упростить создание, редактирование и связывание дисциплин с компетенциями и индикаторами.

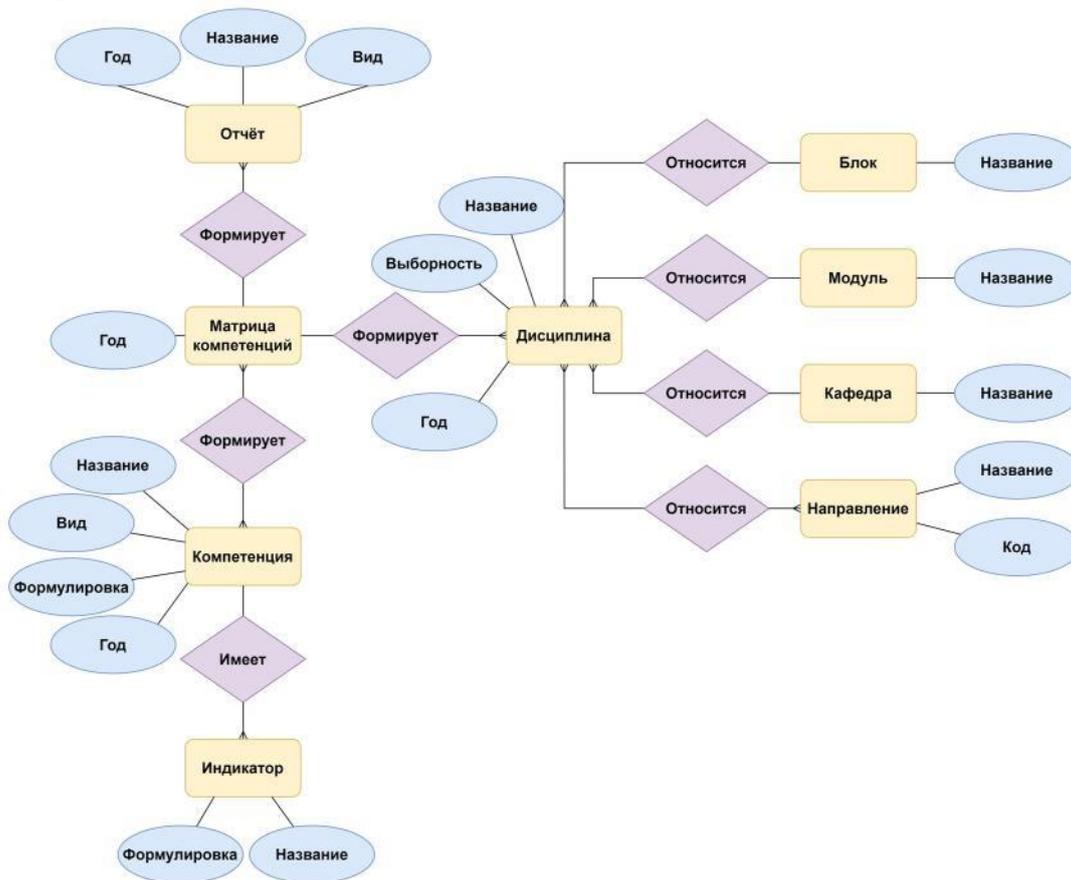
Для достижения поставленной цели необходимо было разработать:

1. Структуру модуля веб-сервера, в соответствии с функциональными требованиями.
2. Шаблоны HTML страниц с использованием Jinja2

3. Формы ввода данных.
4. Обработчики для маршрутов, отвечающих за управление компетенциями, индикаторами и дисциплинами.
5. Шаблоны отчётов и генерацию отчётов.

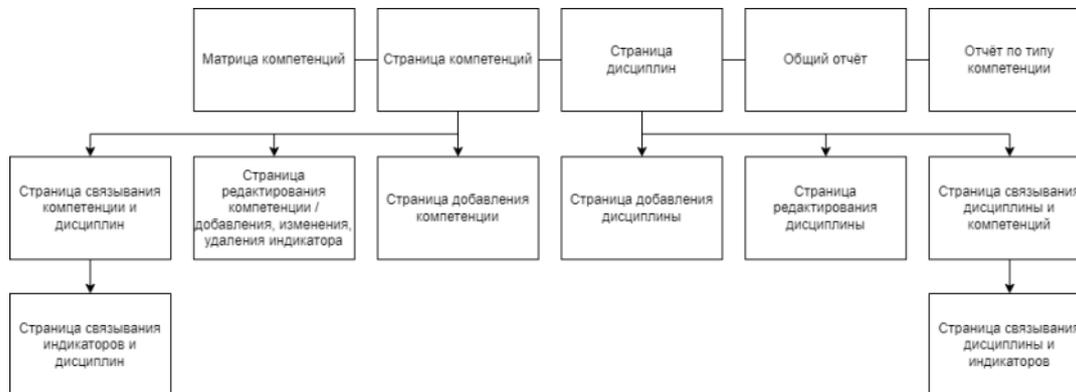
**Реализация**

Для формирования требований этого модуля совместно с М. С. Груздевым была разработана ER-диаграмма предметной области.



*Рис. 1. Диаграмма предметной области*

Также была разработана карта диалоговых окон модуля веб-приложения – логическое построение всех страниц и разделов ресурса.



*Рис. 2. Карта диалоговых окон*

Для разработки модуля был выбран программный каркас Flask и шаблонизатор Jinja2. Данный выбор обусловлен тем, что система для которой разрабатывается модуль, разработана с использованием данных технологий.

В ходе работ был реализован интерфейс для данного модуля, соответствующий требованиям заказчика, который включает в себя адаптивные html-шаблоны, обеспечивающие взаимодействие пользователя с модулем. Была создана серверная часть на каркасе Flask, позволяющая обрабатывать запросы и динамически генерировать контент и отчёты.

#### **Функциональные возможности модуля веб-приложения**

Реализованный модуль веб-приложения позволяет создавать, изменять и удалять дисциплины и компетенции. Для каждой компетенции можно создавать, изменять и удалять индикаторы. Модуль позволяет связывать дисциплины и компетенции, а также связывать дисциплины с индикаторами компетенций. Кроме того присутствует функционал автоматической генерации отчетов по созданным связям между дисциплинами и компетенциями с индикаторами.

#### **Возможности дальнейшего расширения функционала**

В данный момент времени реализация системы продолжается.

Возможно добавление функционала в соответствии с потребностями пользователей и изменениями в предметной области.

Рассматривается добавление функций работы с учебными планами и небольшие изменения пользовательского интерфейса.

#### **Библиографический список**

1. УКУП. Документы проекта [Электронный ресурс]. URL: [https://se.cs.petsu.ru/wiki/Система\\_”УКУП”\\_\(08.11.2024\)](https://se.cs.petsu.ru/wiki/Система_”УКУП”_(08.11.2024)).
2. Груздев М. С. «Система “Управление компетенциями учебного плана”». Требования и проект базы данных. / М. С. Груздев, Ю. А. Богоявленский. Текст: электронный // В настоящем сборнике.

## **ИНТЕГРАЦИЯ АЛГОРИТМОВ OCR ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ**

© Кононенко А. А., Богоявленская О. Ю.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

*konalex900@icloud.com*

В работе представлен подход, интегрирующий набор ряда алгоритмов OCR с целью повышения надежности работы библиотеки Tesseract для распознавания отдельных символов типичных элементов традиционных систем навигации офисных зданий. Результаты могут быть использованы для решения задач позиционирования внутри зданий.

**Ключевые слова:** OCR, распознавание текста, позиционирование в помещениях.

## **INTEGRATION OF OCR ALGORITHMS FOR RECOGNITION OF INDOOR NAVIGATION MARKERS**

© Kononenko A. A., Bogoiavlenskaia O. I.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The work presents an approach to combine a set OCR algorithms for increasing the reliability of Tesseract library for recognition of particular symbols in the typical elements for traditional indoor navigation markers. The results could be used for indoor localization and positioning problems.

**Key words:** OCR, text recognition, indoor positioning.

Задача ориентации внутри помещения как автономных интеллектуальных устройств, так и плохо знакомых со структурой здания посетителей является весьма актуальной и требует разработки специ-

альных методов, не предполагающих применение систем спутниковой навигации. В настоящее время существует ряд методов, использующих базы данных фотографий помещения, инфракрасное излучение, ультразвук, псевдоспутники, сигналы радиосвязи, метки RFID, инерциальную навигацию, силу магнитного поля и ряд других. Заметим, что в крупных офисных зданиях существуют традиционные системы навигации, ориентированные на сотрудников и посетителей, состоящие из вывесок, указателей и иных средств разметки. Использование этих систем для позиционирования внутри помещений не требует установки дополнительного оборудования (помимо видеокамеры) как внутри здания, так и на самих устройствах. Распознавание меток традиционной навигации (МТН) методами машинного зрения позволит определить местоположение устройства в помещении, а наложение его на схему здания – генерировать рекомендации и маршруты движения.

Для распознавания текстов в работе применяется библиотека OCR Tesseract, использующая адаптивное двухэтапное распознавание, нейронные сети обучены для широкого множества языковых моделей. Была поставлена задача улучшить результаты применения базовых алгоритмов OCR для более эффективного распознавания отдельных символов (в частности цифр и наиболее типичных элементов МТН), а также разработать базовые принципы системы для ориентирования в пространстве здания путем распознавания опознавательных знаков. Основное внимание уделялось символам, таким как «г» и «к», которые наиболее часто подвержены искажению на изображениях. Для достижения этой цели были применены следующие основные методы и подходы:

1. Изменение размера и выравнивание изображения. Создается окно приложения для выбора и отображения изображения, что помогает пользователю увидеть, какое изображение обрабатывается.

2. Преобразование в градации серого. Используется преобразование изображения в оттенки серого (`cv2.cvtColor`), что упрощает последующую обработку и акцентирует внимание на текстовых элементах.

3. Адаптивное бинарирование: применение метода адаптивного бинарирования (`cv2.adaptiveThreshold`) позволяет выделить текст на изображении, улучшая контраст между буквами и фоном. Это особенно полезно для изображений с непостоянным освещением.

4. Морфологические операции: использование морфологических операций, таких как эрозия и дилатация, помогает улучшить соединение и форму букв. Эти операции могут сгладить неровности и объединить разрозненные сегменты символов.

5. Распознавание текста с использованием Tesseract: используется функция `pytesseract.image_to_string`, позволяющая распознавать текст на подготовленном изображении. Указание параметров языка (`lang='rus+eng'`) увеличивает вероятность корректного распознавания русских и английских символов.

6. Отображение результата: графический интерфейс отображает результат распознавания в удобном для восприятия формате, что позволяет пользователю легко видеть извлеченные данные.

Улучшение алгоритма на основе вышеперечисленных методов направлено на повышение точности и надежности распознавания текста, особенно для сложных, нечетких символов, улучшенное распознавание в разнообразных условиях. Эти изменения могут существенно повлиять на качество работы приложения и его применение в реальных сценариях.

В процессе тестирования разработанного алгоритма распознавания текста результаты показали высокую зависимость OCR Tesseract от ширины и начертания шрифтов. Анализ производительности алгоритма на тестовой выборке, состоящей из 15 изображений дверей с цифрами, показал высокие результаты: из 15 протестированных изображений успешно были распознаны 12, 3 изображения не прошли тестирование, что подтверждает высокий уровень надежности алгоритма.

Эти данные подчеркивают эффективность разработанного решения, а также предоставляют надежную основу для дальнейших улучшений и оптимизаций, направленных на корректировку распознавания в сложных условиях. Tesseract, в комбинации с применяемыми методами предобработки изображений, зарекомендовал себя как мощный инструмент для реализации задач OCR, что открывает новые возможности для дальнейшего использования и расширения функционала приложения. Примеры работы алгоритма приведены на рисунке.



ay be:  
Ale ПOЖAPE  
aRNHUTH



446



КОЖИНОВА  
Ксения Александровна  
врач функциональной  
диагностики



34] Рех

### Библиографический список

1. A complete guide to OCR using Pytesseract and OpenCV in 2024. URL: <https://nanonets.com/blog/ocr-with-tesseract/> (дата обращения: 01.11.2024) Текст: электронный.
2. Распознавание текста с помощью OCR. URL: <https://habr.com/ru/articles/471542/> (дата обращения: 01.11.2024). Текст: электронный.
3. Библиотеки Tesseract URL: <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract> (дата обращения: 01.11.2024). Текст: электронный.
4. Распознавание текста на картинке. URL: <https://habr.com/ru/articles/518340/> (дата обращения: 01.11.2024). Текст: электронный.

## О КОНЦЕПЦИИ БИОНИЧЕСКОГО КОСТЮМА ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ПОДДЕРЖКИ ЧЕЛОВЕКА НА СЕВЕРЕ

© Корзун Д. Ж.

Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[dkorzun@cs.karelia.ru](mailto:dkorzun@cs.karelia.ru)

В сообщении ИТАР-ТАСС от 25.10.2024 г. представлена разрабатываемая в ПетрГУ концепция бионического костюма для цифровой поддержки человека на Севере. В данном докладе поясняются основные теоретические положения предлагаемой концепции, которая ориентирована на разработку различных цифровых ассистентов человека.

**Ключевые слова:** цифровое ассистирование, жизнестойкость человека, бионические технологии, умный сервис, окружающий интеллект.

## ON THE CONCEPT OF A BIONIC SUIT FOR HUMAN DIGITAL SUPPORT IN THE NORTH

© Korzun D. G.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The ITAR-TASS message dated 10/25/2024 presents the concept of a bionic suit being developed at PetrSU for digital human support in the North. This report explains the key theoretical provisions of the proposed concept, which is focused on development of various human digital assistants.

**Key words:** digital assistance, human resilience, bionic technology, smart service, ambient intelligence.

В сообщении ИТАР-ТАСС [1] представлена разрабатываемая в ПетрГУ концепция бионического костюма для цифровой поддержки человека на Севере. В основе концепции лежит такой раздел искусственного интеллекта (ИИ) как «окружающий интеллект» (от англ. Ambient Intelligence – AmI) [2]. Рассмотрим основные теоретические положения предлагаемой концепции, которая ориентирована на разработку различных цифровых ассистентов человека.

Сама концепция разрабатывается в рамках РФ-проекта [3]. Объектом исследования являются бионические методы сенсорики интернета вещей и распределенные алгоритмы окружающего интеллекта для применения в условиях повседневной жизни человека (на северных территориях), в том числе, при производственной деятельности и в быту. Предметом исследования являются интернет-системы мониторинга жизнестойкости человека (в условиях северных территорий), с использованием технологий бионического костюма и других цифровых технологий ассистирования человеку. Цель исследования – сформировать общий научный подход к разработке и применению методов и алгоритмов интеллектуальной сенсорики человека. Апробировать подход применительно к интернет-системам мониторинга различных свойств жизнестойкости человека – адаптация к стрессам, дисфункциям, болезням, трудным условиям жизни и другим негативным воздействиям на (ментальное) здоровье.

Обсудим следующие постулаты концепции из сообщения [1].

1. Бионический костюм реализует эффективное взаимодействие человека с объектами, отражающими свойства жизнестойкости. Таким образом, свойства жизнестойкости отражаются в процессах работы трех функций человека: двигательная (как двигается человек), когнитивная (как воспринимает информацию) и автономная (как работает его организм).

2. Ориентированность на разработку различных цифровых ассистентов, каждый способен обеспечивать различные виды поддержки жизнестойкости человека. Таким образом, цифровой ассистент может реализовать разнообразные информационные и рекомендательные сервисы, связанные с такими важными функциями поддержки жизнестойкости человека как: сопротивляемость ментального здоровья к стрессам и другим негативным внешним факторам, адаптация к условиям работы и проживания, сопротивляемость к усталости, мотивация к сохранению здоровья в условиях северных территорий и др.

3. Обеспечение автоматизации и цифровизации известных методов физиологических наблюдений за тем, как двигается человек, как воспринимает информацию и как работает его организм. Таким образом, возникает понятие «интеллектуальная сенсорика человека», которая цифровым образом расширяет известные пять органов чувств человека (зрение, слух, осязание, обоняние, вкус). Также к органам чувств часто относят шестое – вестибулярный аппарат (чувство равновесия и положения в пространстве, ускорение).

4. Применение бионических интернет-технологий и технологий ИИ позволит сократить участие оператора в процедуре получения исходных данных наблюдения. Вплоть до полного удаления оператора из процедуры. Таким образом, человеку-пользователю не нужен сопровождающий другой человек, как это сейчас происходит в задачах сопровождения пациентов или пожилых людей. Реализуется переход к мобильному здравоохранению и персональным домашним медицинским лабораториям.

5. Технологии ИИ используют надеваемую и носимую аппаратуру (сенсорная, вычислительная и сетевая) для ускорения передачи и обработки данных, обеспечения постоянной быстрой обратной связи с человеком. Таким образом, выполняется интеграция бионических технологий с AmI-технологиями.

Выделим следующие условия северных территорий (требования), которые существенным образом влияют на эксплуатацию цифрового ассистента и на получаемый эффект от его применения.

1. Датчики и другое цифровое оборудование цифрового ассистента должны быть способны работать в тяжелых условиях внешней среды (климат, снег, грязь, передвижение и др.).

2. Промышленное применение цифрового ассистента должно ориентироваться на существующее производство на северных территориях, способствуя цифровой трансформации производственных процессов. Требуются цифровые ассистенты сотрудников, оказывающие поддержку человеку на основе наблюдения за работой двигательной, когнитивной и автономной функций человека. В частности, должна обеспечиваться возможность работы сотрудника на открытом воздухе или в цехе.

3. Возможной целевой группой являются пожилые люди. Многие из них одинокие. Малая плотность населения и удаленность места проживания от крупных населенных пунктов или от центров помощи. Требуются цифровые ассистенты пожилых одиноких людей, помогающие человеку в повседневной жизни, в бытовых задачах.

4. Возможной целевой группой являются люди, приезжающие на Север с южных территорий. Частный случай – студенты, приезжающие на учебу в ПетрГУ и другие учебные заведения. Необходимо отслеживать и усиливать жизнестойкость, помогая адаптироваться к новым условиям проживания.

5. Северные территории, в том числе и Республика Карелия, крайне привлекательны с точки зрения создания рабочих мест для дистанционных сотрудников различных организаций. Возможная целевая группа являются операторы, диспетчеры, ИТ-специалисты, эксперты-предметники, при работе которых необходимо отслеживать работы двигательной, когнитивной и автономной функций человека.

Бионические технологии используются для разработки устройств, которые могут напрямую взаимодействовать с живыми организмами с целью восстановления утраченных функций (напр., протезы конечностей, экзоскелеты, системы, восстанавливающие слух и зрение, искусственное сердце) [4]. Рассматриваемое нами понятие «бионический костюм» подразумевает следующее развитие применения бионических технологий к цифровому ассистированию:

- усиление органов чувств человека (а не только восстановление);
- «цифровое окружение человека» в соответствии с AmI-подходом.

В результате такого развития обеспечиваются следующие свойства исследуемого нами понятия «интеллектуальная сенсорика».

1. Обучаемый датчик. Алгоритмы распознавания (ИИ) работают рядом с местом сбора данных, т. е. на самом датчике или вычислительном устройстве рядом. Таким образом, датчик способен сам определять, какую информацию делать доступной другим. В том числе, принятие решений на основе отслеживаемого качества сенсорных данных.

2. Самоотслеживание (активный контроль наблюдений). Оценка качества сенсорных данных. Реакция в случае обнаружения снижения качества. Таким образом, датчик способен закрывать доступ к информации, имеющей низкий уровень качества.

3. Мобильность коммуникаций (мобильная сенсорика). Датчик определяет, когда, кому и какие данные передать далее. Таким образом, датчик реализует общие свойства умных коммуникаций.

4. Дистанционная автономность (роботизированная сенсорика). Датчик может быть удаленным от самого человека, способен управлять мониторингом без участия человека. Таким образом, датчик становится дистанционным источником данных, имеющим автономную систему принятия решений по доступу к информации, извлекаемой из этих данных.

5. Человеко-машинное взаимодействие (цифровое расширение органов чувств человека). Персонализированная доставка информации человеку, в т.ч. использование технологий дополненной и виртуальной реальности, технологий бионических костюмов. Таким образом, необходимо обеспечить сетевую передачу обработанных данных от источника к потребителю данных, когда часть обработки может проходить в процессе передачи (технологии периферийных вычислений) и реализуется быстрая обратная связь между источником данных и потребителем информации для организации итеративной обработки.

Для реализации этих свойств концепция бионического костюма включает следующие три базовых компоненты.

1. Смартфон как уникальная интегрированная мобильная платформа для реализации цифрового ассистента и его сервисов, см., напр. [5].

2. Обучаемый датчик (ML-датчик) как интеллектуальная система восприятия информации, которая способна принимать автономные решения по управлению информацией, извлекаемой из сенсорных данных, см., напр. [6].

3. Система 3D-моделирования как средство (интерфейс) доставки информационных сервисов пользователю, реализуемое на основе технологий расширенной реальности, см., напр. [7; 8]. В общем случае, иммерсивные технологии, обеспечивающие погружение человека в информационное пространство цифрового ассистента [2].

Изначально разрабатываемая концепция ориентирована на задачи мобильного здравоохранения (mHealth), когда пациента не требуется отслеживать в условиях медицинского учреждения с помощью профессионального оборудования. Пациент может жить обычной жизнью и заниматься своей повседневной деятельностью – т.н. понятие домашней медицинской лаборатории (At-Home mHealth Lab) [9]. В тоже время, наблюдается высокий потенциал персонализированного использования, когда данные наблюдения и результаты анализа этих данных (информационные и рекомендательные сервисы, расширяющие и усиливающие органы чувств человека) применяются самим человеком. Такой потенциал востребован в различных интеллектуальных интернет-системах мониторинга человека, в том числе для задач мобильной медицины и здорового образа жизни, промышленного интернета и интернета вещей, цифровизации образования и туризма и для задач множества других предметных областей.

***Поддержка исследований.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-11-20040 (<https://rscf.ru/project/22-11-20040/>), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).*

#### **Библиографический список**

1. Создан бионический костюм для поддержки человека на Севере [Электронный ресурс] // Сообщение ИТАР-ТАСС от 25.10.2024. URL: <https://nauka.tass.ru/nauka/22224305> (дата обращения: 12.11.2024).
2. Корзун Д. Ж. Ambient Intelligence Services in IoT Environments: Emerging Research and Opportunities / Д. Ж. Корзун, Е. Баландина, А. М. Кашевник [и др.]. США: IGI Global, 2019. 199 p.
3. Бионические методы сенсорики и окружающего интеллекта для реализации интернет-систем мониторинга жизнестойкости человека в условиях северных территорий [Электронный ресурс] // Информация по проекту НИР. URL: <https://rscf.ru/project/22-11-20040/> (дата обращения: 12.11.2024).
4. Маковецкий С. А. Преимущества интеграции бионической промышленности в Индустрию 4.0 / С. А. Маковецкий, Р. Н. Лепа, В. В. Трубочанин // Управленческий учет. 2023. № 10. С. 27–34.
5. Meigal, A. A Concept Model of mHealth Sensorics for Digital Assistance of Human Cognitive Resilience / A. Meigal, L. Gerasimova-Meigal, D. Korzun // Conference of Open Innovations Association, FRUCT. 2023. No. 34. P. 100–107.
6. Belyaev M., Murugappan M., Velichko A., Korzun D. Entropy-Based Machine Learning Model for Fast Diagnosis and Monitoring of Parkinson's Disease. Sensors 2023, 23, 8609.
7. Коток В. А. Перспективное оборудование виртуальной реальности для ассистирования людям с двигательными нарушениями / В. А. Коток // StudArctic Forum. 2024. Т. 9. № 2. С. 72–79.
8. Case Study of Using Virtual and Augmented Reality in Industrial System Monitoring / D. Pavlov, I. Sosnovsky, V. Dimitrov [et al.] // Conference of Open Innovations Association, FRUCT. 2020. No. 26. P. 367–375.
9. Meigal A. Ambient intelligence at-home laboratory for human everyday life / A. Meigal, D. Korzun, L. Gerasimova-Meigal [et al.] // International Journal of Embedded and Real-Time Communication Systems. 2019. Vol. 10. No 2. P. 117–134.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМ 3D ПРИНТЕРОМ

© Кошкин В. В., Ершова Н. Ю.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
koshkin@lerto.ru

В работе рассмотрен строительный 3D принтер на основе SCARA-кинематики для цеховой печати бетоном. Описан обобщённый принцип работы системы, для печати каких архитектурных решений он был разработан, а также какой функционал был реализован для автоматизации процесса печати бетоном на данном принтере.

**Ключевые слова:** печать бетоном, строительный принтер, SCARA-кинематика, автоматизация строительства.

## DEVELOPMENT OF A 3D PRINTER CONSTRUCTION CONTROL SYSTEM

© Koshkin V. V., Ershova N. Yu.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The paper considers a construction 3D printer based on SCARA kinematics for workshop printing with concrete. The generalized principle of operation of the system is described, for printing which architectural solutions it was developed, as well as what functionality was implemented to automate the printing process with concrete on this printer.

**Key words:** concrete printing, construction printer, SCARA-kinematic, construction automation.

Аддитивные технологии – это процесс создания объекта по его 3D модели с помощью послойного нанесения материала. Такие трёхмерные объекты создаются с помощью 3D-принтеров, в качестве материала (филамента) используются различные виды пластика или смол. Существует множество направлений в мире аддитивных технологий и одно из них – строительная сфера.



*Рис. 1. Строительный 3D принтер*

Совместно с компанией ООО «ЛЕРТО» [1] был разработан строительный 3D принтер на основе SCARA кинематики. SCARA (Selective Compliance Articulated Robot Arm) – роботизированная рука, которая обеспечивает перемещение рабочего блока в горизонтальной плоскости благодаря вращению в сочленениях рычажного механизма, функционально эта система напоминает человеческую руку (рис. 1).

Данный принтер предназначен для печати из бетонной смеси:

- малых архитектурных форм (МАФ);
- элементов интерьера;
- префабов;
- поэлементных фасадов.

Суть печати довольно проста: из бункера происходит подача сухой смеси по транспортёрам до печатающей головки, в ней же происходит затворение водой и экструзия бетоном. На рисунке 2 представлена малая часть напечатанных фигур.

В качестве программы управления используется программное обеспечение под названием Klipper [2]. Управление, как и на обычных 3D принтерах, происходит с помощью G-code команд. G-code – это язык управления машиной, и любая фигура, пройденная через специальную программу, известную как Slicer, будет представлена в виде несколько сотен, или даже тысяч строк G-code, которые принтер будет последовательно выполнять для воссоздания объекта.

Klipper представляется из себя взаимосвязанную систему, которая состоит из:

- пользовательского интерфейса, в нашем случае это Mainsail [3];
- Moonraker [4] – API, который отвечает за взаимодействие пользовательского интерфейса с Klipper Host;
- Klipper Host – ядро системы Klipper, то, что находится внутри одноплатного компьютера на плате управления, управляет всей логикой 3D-печати;
- Klipper Firmware – прошивка которая работает на плате управления принтера.



**Рис. 2. Напечатанные изделия**

Был реализован необходимый функционал для обеспечения работы строительного 3D-принтера, включая:

- разработку кинематики SCARA и отдельный «хоуминг» для осей X и Y, с использованием языков программирования Python и C для прошивки Klipper;
- аварийную остановку. Каждый шаговый двигатель управляется через драйвер, который может выставлять выходной сигнал ALARM при возникновении перегрузки двигателя по току или

при ошибке по энкодеру. При появлении данного сигнала принтер останавливает действующую печать;

- регулировку экструдеров и подачу воды через веб-интерфейс. Данные регулировки позволяют при необходимости изменять дозировку воды, обороты замешивания и скорость подачи смеси;
- первоначальный замес перед и промывку после печати с помощью макросов;
- подачу сухой смеси в зависимости от наполненности промежуточного бака над печатающей головке;
- автоматическую доливку воды для промежуточного резервуара;

В заключение отметим, что разработка строительного 3D-принтера открывает новые горизонты в области строительных технологий. Прделанная работа демонстрирует возможности автоматизации и повышения эффективности строительства.

### Библиографический список

1. Строительный 3д принтер Лерто [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://lerto.ru>
2. Документация по Klipper [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.klipper3d.org>
3. Документация по веб-интерфейсу Mainsail [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.mainsail.xyz>
4. Документация по API Moonraker [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://moonraker.readthedocs.io/en/latest/installation/>

## АЛГОРИТМ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ

© Кузин Д. М., Екимова Т. А., Корзун Д. Ж.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

[dkuzin@cs.petrSU.ru](mailto:dkuzin@cs.petrSU.ru)

В работе описан алгоритм анализа изображений, который будет использоваться в системе машинного зрения для анализа снимков поверхности изделий по результатам капиллярного контроля. Результатом анализа изображений являются обнаруженные индикаторные следы и их рассчитанные размеры. Предложенный алгоритм анализа изображений включает этапы размытия по Гауссу, бинаризации, морфологического открытия, извлечения и анализа контуров индикаторных следов.

**Ключевые слова:** алгоритмы машинного зрения, анализ изображений, капиллярный контроль.

## IMAGE ANALYSIS ALGORITHM FOR PENETRANT TESTING TASKS

© Kuzin D. M., Ekimova T. A., Korzun D. G.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The paper describes an image analysis algorithm that will be used in a machine vision system to analyze images of product surfaces based on capillary testing. The result of image analysis is the detected indicator traces and their calculated sizes. The proposed image analysis algorithm includes the stages of Gaussian blurring, binarization, morphological discovery, extraction and analysis of indicator trace contours.

**Key words:** machine vision algorithms, image analysis, penetrant inspection.

Высокие требования к качеству и надежности выпускаемой продукции предъявляются во многих областях промышленности. Особенно важными эти требования становятся в критических высокотехнологических областях промышленности, таких как атомная, металлургическая и нефтегазовая. Наиболее распространённым методом неразрушающего контроля поверхностей является капиллярная дефектоскопия. Этот метод используется для обнаружения поверхностных дефектов, которые невозможно увидеть невооружённым глазом, определения их местоположения, размера и ориентации

на контролируемом объекте. Однако у этого метода есть серьезный недостаток – ограниченные возможности человеческого зрения.

Для повышения эффективности и снижения трудоёмкости контрольных операций при проведении капиллярного контроля изделий предлагается внедрить систему машинного зрения, использование которой должно обеспечить более точную и объективную оценку состояния поверхности, что в свою очередь повысит надёжность и качество выпускаемой продукции.

Системы машинного зрения широко используются для различных задач. Так в работе [1] система машинного зрения используется для обнаружения человека и его деятельности, в частности, во время занятий спортом на спортивном инвентаре. В промышленности, существующие на сегодняшний день системы машинного зрения [2–4] решают заданные для определенных технологических условий задачи по определению дефектов на изображениях, поэтому применение их для анализа дефектов, выявленных методом капиллярного контроля, требует адаптации к условиям данного исследования.

Предлагаемая система машинного зрения состоит из аппаратной и программной частей. Основное назначение аппаратной заключается в получении изображений заданного качества, что будет обеспечивать высокую точность обнаружения и расчета размеров индикаторных следов на анализируемой поверхности в программной части.

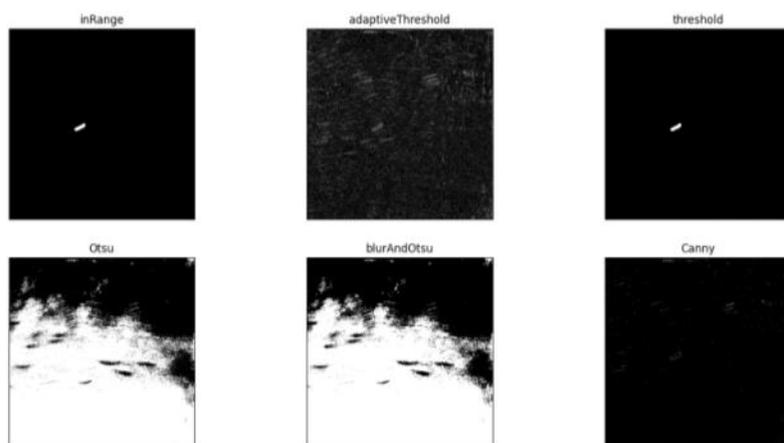
Основной задачей реализации программной части системы машинного зрения является разработка алгоритма анализа изображений поверхности изделий. Этапы работы алгоритма анализа поверхности по изображению поверхности изделий по результатам капиллярного контроля приведены на рисунке 1.



**Рис. 1. Этапы работы алгоритма**

Размытие по Гауссу используется для уменьшения шума на изображении, что в разрабатываемом алгоритме позволяет произвести более качественную бинаризацию изображения и, соответственно, улучшить результаты извлечения контуров индикаторных следов.

Бинаризация изображения используется для выделения индикаторных следов и фона двумя различными цветами. Такая обработка изображения позволяет использовать его далее для качественного извлечения контуров индикаторных следов. В процессе разработки были протестированы различные виды бинаризации (рис. 2) с использованием функций библиотеки компьютерного зрения OpenCV. По результатам тестирования было решено проводить бинаризацию с помощью функции `inRange`, что дает более качественные бинарные изображения и позволяет выделять индикаторные следы по цвету, который является постоянным для проявленных индикаторных следов (красный). Для использования функции `inRange` изображение также преобразуется из цветовой модели BGR в модель HSV, так как использование модели HSV позволяет выделить на изображении объекты определенного цвета.

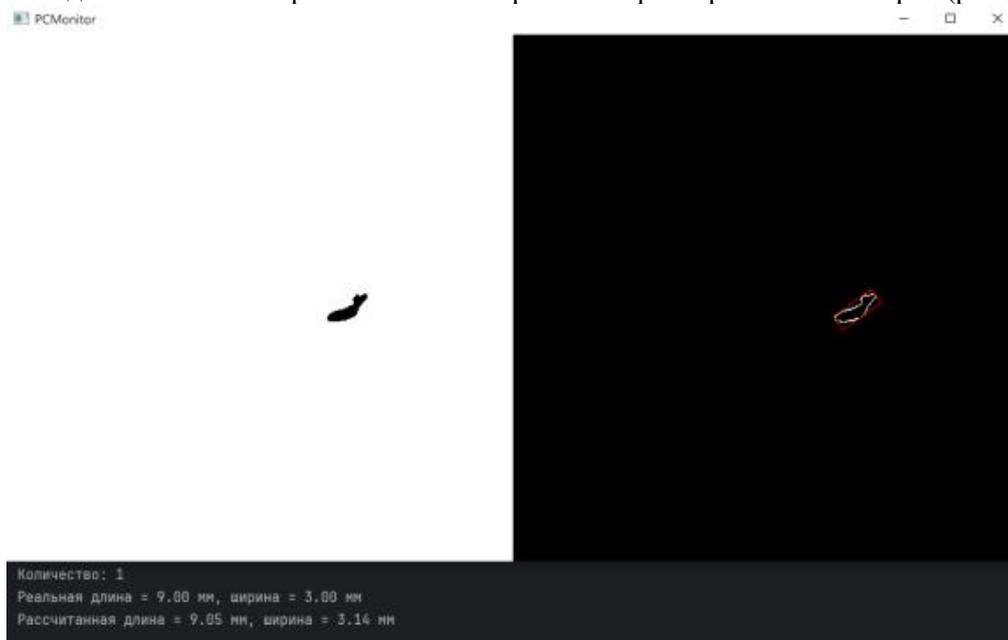


**Рис. 2. Сравнение видов бинаризации**

После бинаризации производится операция морфологического открытия, что представляет собой последовательное применение к изображению операций эрозии и дилатации. Операция открытия позволяет удалить маленькие объекты на изображении, что при дальнейшем анализе изображения уменьшает количество извлечений неверных контуров индикаторных следов.

Предобработка изображения служит для получения бинарного изображения, на котором уменьшено количество лишней информации (в идеальном случае лишняя информация отсутствует) и сохранена при этом информация об индикаторных следах. Выполнение описанных выше операций предобработки позволяет уменьшить шумы на изображении, уменьшить количество пикселей, неверно отнесенных к индикаторным следам. Все это позволяет далее быстрее и качественнее обрабатывать изображение. Полученное в результате предобработки бинарное изображение подается на вход алгоритму исследования контуров.

В алгоритме исследования контуров происходит извлечение из бинарного изображения контуров индикаторных следов и последующий их анализ для определения размеров в пикселях. Размеры индикаторных следов в пикселях пересчитываются в реальные размеры в миллиметрах (рис. 3).



**Рис. 3. Результат анализа размера индикаторного следа.  
Слева – бинарное изображение, справа – выделенный контур**

*Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках реализации Программы поддержки НИОКР студентов, аспирантов и лиц, имеющих ученую степень, финансируемой Правительством Республики Карелия.*

### Библиографический список

1. Баженов Н. А., Рыбин Е. И., Корзун Д. Ж. An Event-Driven Approach to the Recognition Problem in Video Surveillance System Development // Conference of Open Innovations Association, FRUCT. 2022. Vol. 32. Is. 1. P. 65–74.
2. Чесноков Д. В. Разработка алгоритмов автоматической обработки цифровых изображений в капиллярной дефектоскопии: дипломный проект / Д. В. Чесноков; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ), Институт неразрушающего контроля (ИНК), Кафедра физических методов и приборов контроля качества (ФМПК); науч. рук. Н. П. Калининченко. Томск, 2016.  
Балеев И. А., Земцов А. Н., Зыбин М. И., Смирнов В. А. Распознавание дефектов на металлических сплавах с помощью алгоритмов компьютерного зрения OpenCV // Инженерный вестник Дона. 2021. № 3 (75). URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2021/6874> (дата обращения: 10.11.2024).
3. Корнейчук В. С., Котляр Д. И., Ломанов А. Н., Медведев Е. Ю. Применение машинного зрения для вычисления размеров дефектов при люминесцентном проникающем контроле лопаток ГТД // Вестник Череповецкого государственного университета. 2022. № 1 (106). С. 31–41.

## АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕГОВ ЗАДАЧИ НА ОСНОВЕ ТРАНСФОРМЕРОВ

© Лавров А. П., Алькин Р. В.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[anton.p.lavrov@gmail.com](mailto:anton.p.lavrov@gmail.com)

В работе описан подход к применению модели BERT для определения тегов задачи, а также применение результатов в обучении алгоритмам и подготовке к соревнованиям по спортивному программированию.

**Ключевые слова:** обработка естественных языков, bert, алгоритмы и структуры данных.

## AUTOMATIC TRANSFORMER-BASED PROBLEM TAGGING

© Lavrov A. P., Alkin R. V.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The article describes an approach to applying the BERT model to determine problem tags and using the results for algorithm training and programming competition preparation.

**Key words:** natural language processing, bert, data structures and algorithms.

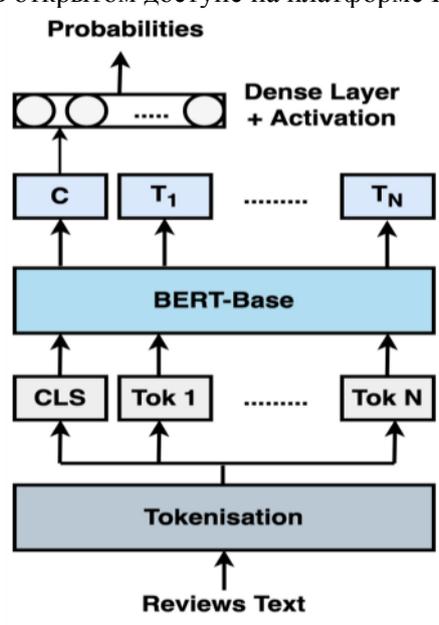
При организации подготовки школьников и студентов к соревнованиям по спортивному программированию немаловажное значение имеет качественный подбор задач по изучаемым темам. Выбранные задачи должны позволить рассмотреть применение изучаемого алгоритма наиболее полно и с разных сторон. В некоторых случаях, важно найти такие, в которых сочетаются несколько тем, в решении используется одновременно несколько алгоритмов. Для поиска подходящих задач приходится регулярно просматривать объемные архивы, на что обычно уходит много времени. Те же трудности возникают и при организации обучения на курсе алгоритмов и структур данных.

Соревнования по программированию в России и в мире проводятся уже более 30 лет. За это время накопился большой архив задач, собранный на различных интернет-ресурсах. В частности, в нашем университете существует архив петрозаводских международных студенческих сборов по спортивному программированию, содержащий большой объем качественного материала, пригодного для использования при изучении алгоритмов. Проблема заключается в том, что задачи обычно разбиты по соревнованиям и по дням сборов, но никак не классифицированы по темам. Это затрудняет поиск нужных среди них.

Одним из возможных решений этой проблемы может быть автоматическое тегирование задач на основе кода авторского решения или решений участников. В основе этого подхода лежит определение в коде одного или нескольких из заранее заданных алгоритмов. При этом у разных людей отличается стиль кода, могут отличаться названия конкретных переменных и функций, порядок записи алгоритма. Всё это делает точное решение невозможным или, во всяком случае, требующим проведения объемной работы по его разработке. В связи с этим предлагается исследовать вопрос применения для классификации алгоритмов классических методов искусственного интеллекта, применяемых при обработке естественных языков.

Перспективность такого подхода была исследована на основе модели архитектуры трансформер. На базовом уровне она состоит из кодировщика и декодировщика. Кодировщик получает данные и выявляет их особенности, нацелен на понимание смысла во входных данных. Декодировщик использует выявленные кодировщиком информацию о данных и генерирует выходную последовательность. Кодировщик при этом может использоваться и независимо [2], такие модели хорошо работают в задачах классификации. На каждом этапе слои внимания имеют доступ ко всем токенам в исходном тексте, имеют двустороннее внимание, что позволяет учитывать контекст с обеих сторон от рассматриваемого токена, а значит, точнее определять значения токенов [4].

В качестве конкретной модели была выбрана модель Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT). Ее архитектура представлена на рисунке 1. Для дообучения использовалась модель bert-base-uncased, лежащая в открытом доступе на платформе Hugging Face [1].



**Рис. 1. Архитектура модели классификации с помощью BERT [3]**

Во время предобработки из кода решения удаляются все комментарии, чтобы не вносить шум за счет скрытого таким образом не использующегося кода, а также не давать модели приучаться к пояснениям на естественном языке, которые могут вводить ее в заблуждение. Полезным также может быть применение к коду автоформатирования для большей унифицированности. Потенциально – использование токенизатора, заточенного под программный код, а не естественный язык.

На тестовой выборке, содержащей решения других участников для тех же задач, которые были источником и для обучающей выборки, точность модели составила 0,97. На выборке, состоящей из решений случайных задач, решений к которым модель не видела при дообучении, точность составила 0,86. На рисунке 2 приведена матрица ошибок для этого случая.



**Рис. 2. Матрица ошибок для тестовой выборки**

Для оценки работы модели были выбраны пять алгоритмов из теории графов: алгоритм Дейкстры, алгоритм Флойда, алгоритмы поиска в глубину и в ширину, а также алгоритм Краскала. Одинаковая тематика усложняет задачу для модели, так как в таком случае она не может опираться на специфику входных или выходных данных задачи, а только на сам алгоритм.

Результаты подтверждают перспективность предложенного подхода, что позволяет продолжить работу в этом направлении, расширяя количество классов определяемых алгоритмов и повышая разнообразие и объемы данных для обучения модели.

### Библиографический список

1. BERT base model (uncased) [Электронный ресурс]. URL: <https://huggingface.co/google-bert/bert-base-uncased> (дата обращения 11.11.2024).
2. Encoder models [Электронный ресурс]. URL: <https://huggingface.co/learn/nlp-course/chapter1/5> (дата обращения 11.11.2024).
3. Mohawesh R., Xu, S., Springer M., Al-Hawawreh M., Maqsood S. Fake or genuine? contextualised text representation for fake review detection. In: Nat. Lang. Process., Academy and Industry Research Collaboration Center (AIRCC, p. 137–148).
4. Ермоленко Т. В., Бондаренко В. И., Пикалёв Я. С. Разработка алгоритмов и языковых моделей для мультязычной системы автоматического аннотирования текстов разных жанров // Вестник донецкого национального университета. Серия Г: технические науки. 2023. С. 22–43.

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ SLAM С КООПЕРАЦИЕЙ НЕСКОЛЬКИХ МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

© Ларионов Д. Д., Щеголева Л. В.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[dlarionov51@gmail.com](mailto:dlarionov51@gmail.com)

В докладе описана проблема оценки состояния системы локального позиционирования в условиях возможных ошибок при инсталляции. Рассматривается ранее разработанный алгоритм одновременной локализации и построения карты, позволяющий оценить позиции точек доступа, а также недостатки

этого алгоритма – низкая устойчивость в условиях конкуренции нескольких гипотез касательно позиций точек доступа. Представлен концепт решения этой проблемы – расширение задачи до нескольких мобильных объектов, которые независимо друг от друга строят карту точек доступа, а затем объединяют ее, снижая вероятность возникновения нескольких конкурирующих гипотез.

**Ключевые слова:** локализация, построение карты, граф.

## APPLICATION OF SLAM METHODOLOGY WITH MULTIPLE MOBILE OBJECT COOPERATION

© Larionov D. D., Shchegoleva L. V.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

This paper addresses the problem of evaluating a localization system in case of possible errors during the installation process. Previously published algorithm for estimating access point positions is discussed as well as its disadvantages – low robustness in presence of competing hypotheses about access points' positions. New solution concept is proposed – to apply the algorithm for several mobile objects that build independent access points' maps and then merge them, thereby reducing the likelihood of multiple competing hypotheses occurring.

**Key words:** localization, mapping, graph.

В местах, где недоступны или недостаточно точны глобальные системы навигации, применяются системы локального позиционирования. Такие системы используют локально развернутые устройства для определения местоположения мобильного объекта. Например, это может быть множество ориентиров, точек доступа – радиостанций, расстояние до которых оценивается с помощью времени пролета сигнала (ToF – Time-of-Flight) или силы сигнала (RSS – Received Signal Strength). По множеству таких оценок можно определить местоположение мобильного объекта. Также часто используются вспомогательные системы, например, инерциальные системы навигации. Использование нескольких систем разного типа повышает точность локализации.

Частным примером подобных систем являются системы, расположенные в горных выработках. Толща горной породы не пропускает сигнал спутниковых систем, из-за чего полагаться в такой среде можно лишь на системы локального позиционирования. Работоспособность системы локального позиционирования в подобной среде особенно важна ввиду тяжелых условий труда и обеспечения безопасности персонала.

Недостатком таких систем является высокая подверженность человеческому фактору при развертывании – точки доступа могут быть смещены относительно своих теоретических позиций, либо же они могут быть установлены не на свои позиции, а на теоретические позиции других точек доступа. Ручная проверка системы на предмет подобных ошибок трудозатратна. В связи с чем, есть необходимость разработки автоматизированных решений.

Подобное решение было предложено ранее [1]. Разработанный на основе FastSLAM 1.0 [2] алгоритм производит одновременную оценку траектории движения мобильного объекта и оценку позиций точек доступа в горной выработке. Пространство горной выработки заранее известно и представлено в виде взвешенного графа, где ребра соответствуют прямым участкам в горной выработке, а веса ребер – длинам этих участков. В алгоритме используется фильтр частиц – каждая частица является независимой оценкой состояния мобильного объекта, а также хранит свою собственную оценку позиций точек доступа. Позиция каждой точки доступа оценивается как дискретное вероятностное распределение – ребрам графа соответствует решетка, узлы которой сопоставлены с позициями на ребре графа от 0 до  $w(e)$  – веса ребра  $e$ , где каждому узлу соответствует вероятность нахождения точки доступа в нем. Такое решение позволяет получить различные варианты конфигурации системы. Более соответствующие новым данным конфигурации имеют большую вероятность остаться в выборке после ресемплинга частиц.

Данный алгоритм показал высокую точность при различных параметрах шума в измерениях расстояния до точек доступа. При этом была возможна настройка заранее известных ребер графа для точек доступа. Эксперименты с синтетическими данными показали, что достаточно 30 % таких известных ребер для стабильной работы алгоритма.

Недостатком такого алгоритма является его высокая вычислительная сложность, линейно зависящая от числа частиц.

Дальнейшие опыты выявили еще один недостаток алгоритма. При невозможности, на основе полученных данных, однозначно определить позицию точки доступа могут возникнуть несколько конкурирующих равновероятных позиций. Особенно часто такие ситуации возникают на развилках. Отсутствие определенности в этой оценке может в дальнейшем привести к дестабилизации системы. Также, при высоком уровне шума, возможен выбор случайной из конкурирующих гипотез.

В связи с изложенными выше проблемами, появилась необходимость дальнейшей доработки алгоритма с целью увеличения его устойчивости к подобным ситуациям.

Новая версия алгоритма предполагает применение SLAM одновременно к нескольким мобильным объектам, которые будут совместно составлять общую карту. Основная часть алгоритма остается неизменной – для каждого мобильного объекта запускается свой фильтр частиц с отдельными оценками карты для каждой частицы.

Периодически мобильные объекты обмениваются данными о положении точек доступа. Из каждого фильтра частиц выбирается частица с наибольшим весом. Далее оценки позиций точек доступа каждой из частиц подаются на вход некоторой функции, которая вычисляет общую оценку. Эта объединенная оценка копируется в каждую частицу каждого фильтра частиц.

Для системы из  $N$  мобильных объектов эту процедуру можно также записать следующим образом. Пусть  $\omega \in \Omega$  – некоторое событие, например, обнаружение точки доступа в определенном узле решетки на ребре графа, а  $P(\omega)$  – вероятность этого события. Эта вероятность вычисляется следующим образом:

$$P(\omega) = F(P_0(\omega), \dots, P_N(\omega)),$$

где  $P_j(\omega)$  – вероятность события, оцененная мобильным объектом  $j$ ,  $F(\dots)$  – некоторая функция, вычисляющая общую вероятность на основе оценок разных объектов.

Остается вопрос – какую именно функцию для объединения оценок нужно выбрать? Существует множество методов объединения вероятностей (Probability Pooling). Среди них можно выделить 3 наиболее известных.

Линейный метод (linear pooling) – взвешенная сумма вероятностей [3]:

$$F(P_0(\omega), \dots, P_N(\omega)) = \sum_j w_j P_j(\omega),$$

где  $w_j$  – веса,  $\sum_j w_j = 1$ .

Геометрический метод (geometric pooling) – произведение возведенных в степень веса вероятностей и нормировка [4]:

$$F(P_0(\omega), \dots, P_N(\omega)) = \prod_j P_j(\omega)^{w_j} / \sum_{\omega' \in \Omega} \prod_j P_j(\omega')^{w_j}.$$

Мультипликативный метод (multiplicative pooling) – произведение вероятностей и нормировка [5]:

$$F(P_0(\omega), \dots, P_N(\omega)) = \prod_j P_j(\omega) / \sum_{\omega' \in \Omega} \prod_j P_j(\omega').$$

Важным свойством мультипликативных методов является обнуление вероятности, если хотя бы одна из входных вероятностей равна нулю. Эту особенность необходимо учитывать при применении этих методов к поставленной задаче, так как у разных мобильных объектов могут не совпадать гипотезы по некоторым точкам доступа, а также один из объектов может не получить измерений от всех точек доступа, которые доступны второму. В этом случае на карте первого будут нулевые вероятности и прямое их объединение приведет к тому, что вероятности станут равны 0 в обеих оценках.

Был реализован первый прототип системы с использованием линейного метода. Несколько мобильных объектов независимо друг от друга двигаются по графу, делая оценки позиций точек доступа. Раз в несколько итераций из каждого фильтра частиц берется частица с наибольшим весом. На основе карт точек доступа с помощью линейного метода с равными весами вычисляется общая карта. Эта карта копируется в каждую частицу каждого фильтра частиц. Первичные тесты показали соответствие объединенной карты реальным позициям точек доступа.

На текущий момент продолжается подготовка к проведению более обширных опытов:

- рассмотрение несколько различных сценариев на разных участках графа;

- внедрение других методов объединения вероятностей;
- сбор подробных статистических данных о погрешности в оценке позиций точек доступа;
- сравнение эффективности алгоритма с вариантом без объединенных карт.

В частности, планируется использовать постобработку вероятностей после объединения, например, можно возвести получившиеся вероятности в степень. Это позволит несколько снизить неопределенность после объединения карт, так как большее влияние получают те узлы решетки, по которым у мобильных объектов складывается консенсус.

### Библиографический список

1. Larionov D. An Introduction to Graph Neural Networks for Localization and Mapping on Fixed Graph Structures, 2023 International Russian Automation Conference (RusAutoCon), Sochi, Russian Federation, 2023. P. 826–830. DOI: 10.1109/RusAutoCon58002.2023.10272727
2. Montemerlo M. FastSLAM: A Factored Solution to the Simultaneous Localization and Mapping Problem. Proc. of AAAI02. 2002.
3. Stone M. The Opinion Pool // The Annals of Mathematical Statistics. 1961. Vol. 32. No. 4. P. 1339–1342. DOI: 10.1214/aoms/1177704873. URL: <https://doi.org/10.1214/aoms/1177704873>.
4. Genest C. A Characterization Theorem for Externally Bayesian Groups // The Annals of Statistics. 1984. Vol. 12. No. 3. P. 1100–1105. DOI: 10.1214/aos/1176346726. URL: <https://doi.org/10.1214/aos/1176346726>
5. Dietrich F., List C. Probabilistic Opinion Pooling. 10/2014. URL: <https://philsci-archive.pitt.edu/11349/>

## О ПРОБЛЕМЕ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СКЛАДА

© Лева Д. С., Рего Г. Э., Алексеев И. В.

Петрозаводский государственный университет, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова

Петрозаводск, Санкт-Петербург

[leva@cs.petrstu.ru](mailto:leva@cs.petrstu.ru), [regoGr@yandex.ru](mailto:regoGr@yandex.ru), [koldovan2013@gmail.com](mailto:koldovan2013@gmail.com)

В лесной отрасли промежуточные склады играют ключевую роль в логистической цепочке между лесосеками и складами переработки или экспорта. Для их эффективного размещения необходимо учитывать множество факторов, таких как удаленность от лесозаготовок, доступность дорог и сезонные изменения инфраструктуры. Предложена математическая модель, целью которой является минимизация затрат на строительство дорог между лесосеками и складами. Для решения задачи предложено использовать генетический алгоритм (ГА), который позволяет учитывать большое количество переменных и эффективно решать задачу в условиях неопределенности и сезонных изменений.

**Ключевые слова:** лесное хозяйство, промежуточные склады, логистика древесины, транспортировка, генетический алгоритм.

## ON THE PROBLEM OF OPTIMIZING THE PLACEMENT OF AN INTERMEDIATE WAREHOUSE

© Leva D. S., Rego G. E., Alekseev I. V.

Petrozavodsk State University, Saint Petersburg State Forest Technical University named after S.M. Kirova

Petrozavodsk, Saint Petersburg

In the forestry industry, intermediate storage facilities play a key role in the logistics chain between logging sites and processing or export warehouses. For their efficient placement, it is necessary to take into account many factors, such as distance from logging sites, road accessibility, and seasonal changes in infrastructure. A mathematical model is proposed, the purpose of which is to minimize the cost of building roads between logging sites and warehouses. To solve the problem, it is proposed to use a genetic algorithm (GA), which allows taking into account a large number of variables and effectively solve the problem under conditions of uncertainty and seasonal changes.

**Key words:** forestry, intermediate storage, timber logistics, transportation, genetic algorithm.

С начала 1990-х оптимальное размещение складов стало актуальным из-за нехватки площадей и возросшей потребности в больших и вместительных складах. Первоначально акцент на выбор места для складов был направлен на снижении затрат и вместимость, но со временем стал стратегической задачей, включающей уровень обслуживания, транспортные решения и учет рисков [1]. Были разработаны модели, учитывающие неопределенный спрос, несколько поставщиков и розничных продавцов для снижения рисков дефицита и избытка запасов.

В лесной отрасли промежуточные склады – это склады, расположенные в цепочке транспортировки сортиментов между лесосеками и складами переработки или экспорта, на которых осуществляются операции по пересортировке, доработке сортиментов, хранению, формированию транспортных партий и отгрузке на следующие склады [2].

Одним из важных аспектов логистики лесного хозяйства является выбор места для промежуточного склада. Среди факторов, которые влияют на выбор места, можно выделить удаленность от лесозаготовительных участков, доступность дорог, сезонные изменения и состояние инфраструктуры. Для эффективной доставки древесины необходимо, чтобы склад располагался вблизи транспортных магистралей, таких как железные дороги, автомобильные трассы или порты. Важно учитывать сезонные изменения состояния дорог в разные времена года.

Математическая модель размещения промежуточного склада можно сформулировать следующим образом. Обозначим как  $n$  – количество лесосек;  $(x_i, y_i)$  – координаты каждой лесосеки  $i = 1, 2, \dots, n$ ;  $(x_{iw}, y_{iw})$  – координаты промежуточного склада, которые нужно определить;  $(x_{lw}, y_{lw})$  – координаты нижнего склада;  $c_j$  – стоимость строительства 1 км дороги в зависимости от типа;  $c_s$  – стоимость строительства 1 км всесезонной дороги;  $c_{wint}$  – стоимость строительства 1 км зимника;  $z_i \in \{0, 1\}$  – бинарная переменная, равная 1, если строится дорога от лесосеки  $i$  до промежуточного склада, и 0 в противном случае;  $z_{iw} \in \{0, 1\}$  – бинарная переменная, равная 1, если строится дорога от промежуточного склада до нижнего склада, и 0 в противном случае;  $w_c \in \{0, 1\}$  – бинарная переменная, равная 1, если дорога всесезонная, и 0 в противном случае. Целевую функцию можно представить в виде минимизации суммарных затрат на строительство дорог:

$$\begin{aligned} \text{Min} \sum_i^n z_i * (w_c * c_s + (1 - w_c) * c_{wint}) * \sqrt{(x_{iw} - x_i)^2 + (y_{iw} - y_i)^2} + \\ + z_{lw} * (w_c * c_s + (1 - w_c) * c_{wint}) * \sqrt{(x_{iw} - x_{lw})^2 + (y_{iw} - y_{lw})^2} \end{aligned}$$

где:

$\sqrt{(x_{iw} - x_i)^2 + (y_{iw} - y_i)^2}$  – затраты на строительство дороги от лесосеки  $i$  до промежуточного склада;

$\sqrt{(x_{iw} - x_{lw})^2 + (y_{iw} - y_{lw})^2}$  – затраты на дорогу от промежуточного склада до нижнего склада.

Также следует учитывать, что склад должен находиться в пределах допустимой зоны:  $x_{\min} \leq x \leq x_{\max}$ ;  $y_{\min} \leq y \leq y_{\max}$ .

Для задачи оптимизации размещения промежуточных складов можно рассмотреть несколько существующих методов. Одним из них является метод расчета «равноценной длины рейса с грузом». Данный метод базируется на расчете длины, на которой транспортировка древесины становится экономически целесообразной, исходя из равенства себестоимости перевозки разными транспортными средствами [3]. Длина поездки (расстояние) определяется уравнением, учитывающим такие параметры как грузоподъемность, скорость, время простоя и себестоимость транспортных расходов. Данный метод имеет существенный недостаток: в рамках зоны тяготения не определено точное местоположение промежуточных складов [3]; не адаптируется под сезонные изменения; не учитывает гибкость маршрутов.

Еще одним методом является метод центра тяжести грузовых потоков. Он широко применяется в логистике. В данном методе предполагается нахождение координат промежуточных складов по центру тяжести грузового потока [3]. При этом используется информация о расположении точек поставки и лесосек, а также объемах перевозимого груза. Метод позволяет точно определить место размещения склада, при этом возможны два подхода: вычисление координат по центру тяжести самого грузопотока; определение местоположения по центру тяжести равновесной системы транспортных затрат, учитывая транспортные тарифы. Недостатками данного метода является: ориентация на простейшие схемы доставки, где предполагается прямой путь от лесосек до склада; игнорирование фактора водных ресурсов (реки, озера); отсутствие адаптации под сезонные изменения.

В результате проведенных исследований для решения проблемы оптимизации размещения промежуточного склада предлагается использовать генетический алгоритм (ГА) [4]. Генетический алгоритм обладает рядом преимуществ, которые делают его перспективным для решения задач оптимального размещения промежуточных складов. Ключевые особенности ГА: может учитывать множество факторов; работает с большими объемами данных, даже если число лесосек и возможных маршрутов значительно увеличивается; учитывание местности и типа дороги. Для решения задачи предполагается использование следующих параметров ГА:

Популяцию представляет собой множество особей, каждая особь представляется набором генов в виде битов, кодирующих координаты складов по осям  $x$  и  $y$ .

1. Функция приспособленности соответствует целевой функции из представленной выше математической модели.

2. Кроссовер реализуем как одноточечный, при котором хромосомы (родители) разбиваются в одной случайной точке, и соответствующие части комбинируются, чтобы создать новые решения (потомки).

3. Селекция будет выполняться для выбора новых решений в следующем поколении, оценивая все хромосомы по функции приспособленности. Можно использовать турнирный или рулеточный методы отбора.

4. Критерий останова работы алгоритма можно взять заданное число поколений.

Таким образом, эффективное планирование промежуточных складов древесины и выбор их местоположения являются важнейшими задачами в логистике лесного хозяйства. Важными аспектами являются оптимизация транспортных маршрутов, минимизация затрат на транспортировку и обеспечение доступности инфраструктуры. Все эти элементы должны быть учтены для того, чтобы создать эффективную логистическую цепочку, которая будет способствовать более экономичной переработке древесины, а также поможет снизить общие эксплуатационные расходы.

#### Библиографический список

1. Кумар Ш., Наркхеде Б. Э., Джайн К. Revisiting the warehouse research through an evolutionary lens: a review from 1990 to 2019 // *Production Planning & Control*. 2019. V. 59. № 11. P. 3470–3492. Режим доступа: <https://www.tandfonline.com/loi/tprs20>
2. Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии. ГОСТ Р «Сортиментация древесины и учет сортиментов. Термины и определения». Первая редакция, версия 3 от 21.06.2021.
3. Короленя Р. О. Оптимального расположения промежуточного склада при двухступенчатой вывозке древесины // *Труды БГТУ*. 2022. Сер. 1. № 1. С. 136–142.
4. Генетические алгоритмы на Python / пер. с англ. А. А. Слинкина. М.: ДМК Пресс, 2020. 286 с.: ил. ISBN 978-5-97060-857-9

## РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КОНЕЧНОГО АВТОМАТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЗАКУПОК ПРЕДПРИЯТИЯ

© Литвинов Н. Е., Сытник А. А., Шульга Т. Э.

Саратовский государственный технический университет им. Гагарина Ю. А.

Саратов

[litnik99@mail.ru](mailto:litnik99@mail.ru), [as@sstu.ru](mailto:as@sstu.ru), [shulgate@yandex.ru](mailto:shulgate@yandex.ru)

В статье представлен подход к управлению процессом закупок в компании с использованием модели конечного автомата, охватывающий этапы от создания заявки до оплаты поставщику. Рассмотрены проблемы, которые можно решить благодаря этому методу. Предложена схема модели конечного автомата, отражающая ключевые этапы процесса закупок. Также рассмотрены преимущества использования модели конечного автомата для обучения сотрудников.

**Ключевые слова:** конечный автомат, автоматизация, закупки.

## DEVELOPMENT OF A FINITE STATE MACHINE MODEL FOR MANAGING THE ENTERPRISE PROCUREMENT PROCESS

© Litvinov N. E., Sytnik A. A., Shulga T. E.  
Saratov State Technical University named after Yu. A. Gagarin  
Saratov

The article presents an approach to managing the procurement process in a company using a finite state machine model, covering the stages from creating a request to paying the supplier. The problems that can be solved using this method are considered. A finite state machine model diagram is proposed, reflecting the key stages of the procurement process. The advantages of using a finite state machine model for employee training are also considered.

**Key words:** finite state machine, automation, procurement.

Управление закупками – ключевой процесс для любой компании, влияющий на её операционную эффективность, стоимость продукции и время выполнения заказов.

В современных условиях требуется стандартизация закупочных процессов для улучшения их прозрачности, контроля и управляемости.

Цель – предложить модель конечного автомата для управления закупками, которая формализует ключевые этапы этого процесса.

Конечные автоматы – мощный инструмент для моделирования дискретных процессов, который находит применение в программировании и системах управления.

В рамках закупок конечные автоматы позволяют чётко структурировать этапы процесса и автоматизировать переходы между ними, что повышает эффективность управления.

Модель конечного автомата помогает учесть все основные состояния процесса, а также возможные исключительные ситуации.

Основные состояния модели конечного автомата для управления закупками:

$S_1$  – ожидание поступления заявки на закупку от отдела, который нуждается в товарах.

$S_2$  – создание и оформление заявки на закупку товара.

$S_3$  – заявка проходит процесс согласования и утверждения.

$S_4$  – поиск и выбор подходящего поставщика.

$S_5$  – отправка заказа поставщику с указанием деталей: количество, сроки, условия оплаты и т. д.

$S_6$  – ожидание выполнения поставки от поставщика.

$S_7$  – поставка товара в компанию и проверка соответствия товара условиям заказа.

$S_8$  – после проверки товара оформляется оплата поставщику.

$S_9$  – процесс завершен, закупка завершена.

Исключительные ситуации, такие как не утвержденная заявка на закупку на этапе согласования или невозможность выполнить заказ поставщиком, отображаются отдельными переходами.

У использования конечного автомата есть ряд преимуществ:

Стандартизация процесса: все участники процесса закупки следуют чётко установленным правилам и переходам, что минимизирует разночтения и ошибки.

Автоматизация и интеграция с ERP-системами: модель может быть легко внедрена в современные цифровые системы управления предприятиями для автоматизации закупочных процедур.

Гибкость в управлении исключениями: конечный автомат позволяет гибко управлять нетипичными ситуациями, обеспечивая адаптацию к изменяющимся условиям.

Практическая значимость модели заключается в следующем:

Применение модели конечного автомата для управления закупками ускоряет процесс принятия решений.

Модель может быть использована в компаниях различного масштаба – от малого бизнеса до крупных корпораций, что делает её универсальным инструментом для оптимизации процессов закупки.

Возможность сбора и анализа данных на каждом этапе позволяет компании оценивать эффективность работы и вносить изменения для улучшения процессов.

Перспективы развития и применения:

1. Внедрение модели конечного автомата в систему управления закупками может послужить основой для дальнейшей автоматизации других бизнес-процессов компании, таких как логистика, управление запасами и финансами.

2. Использование модели для обучения сотрудников способствует стандартизации знаний и ускорению адаптации новых сотрудников.

3. Исследование перспектив интеграции модели конечного автомата с технологиями искусственного интеллекта для прогнозирования возможных рисков и оптимизации закупок.

Таким образом, построение конечного автомата для управления закупками позволяет существенно улучшить эффективность этого процесса, повысить его прозрачность и адаптивность.

Предложенная модель может стать основой для автоматизации закупок, особенно в условиях цифровизации бизнеса.

Дальнейшие исследования могут быть направлены на расширение применения конечных автоматов в других операционных процессах компании.

#### **Библиографический список**

1. Ожиганов А. А. Теория автоматов [Текст]: учеб. пособие / А. А. Ожиганов.: ИТМО, 2013. С. 6–12.
2. [https://etpgrp.ru/help/articles/431-etapy\\_provedeniya\\_zakupki/](https://etpgrp.ru/help/articles/431-etapy_provedeniya_zakupki/)

## **ОБЪЕКТИВИЗАЦИЯ МОТОРНЫХ СИМПТОМОВ ПАЦИЕНТОВ ПРИ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

© Мамчур С. С., Григорян А. Г.

Общество с ограниченной ответственностью «Ай-ФОРС»

Москва

*i@fors.ru*

Данная работа посвящена разработке мобильного приложения для регистрации и объективизации симптомов болезни Паркинсона (БП) по кинематическим параметрам движения руки с использованием методов машинного обучения. Движения рук Пациентов с БП регистрировались с использованием камеры смартфона Apple. Двигательные задания были выбраны на основе части 3 «Исследование двигательных функций» Унифицированной Шкалы Оценки Болезни Паркинсона Международного Общества Расстройств Движения (UPDRS-MDS). Перечень заданий: постукивание пальцем (2 вида), «проба кисть» и «проба пальцы». Полученный с камеры видеосигнал, распознаётся с помощью машинного зрения, формируется массив координат ключевых точек ладони. Далее массив обрабатывается с помощью алгоритма поиска экстремумов, на выходе получаем ряд амплитуд и ряд длительностей выполнения повторяемых действий. После этого оба ряда описываются функцией линейной регрессии, и результатом этой обработки становятся два тренда, описывающих динамику изменения кинематических параметров движения руки.

Итогом выполнения работы стало создание инструмента объективизации персональных моторных симптомов БП с возможностью отправки данных врачу. Разработанное приложение на данный момент используется в виде отдельного решения в клинической практике. Ведутся работы по включению его в качестве элемента в состав более широких диагностических комплексов.

**Ключевые слова:** моторные тесты, неврологические тесты, болезнь Паркинсона, машинное зрение, искусственный интеллект.

## OBJECTIFICATION OF MOTOR SYMPTOMS IN PARKINSON'S DISEASE USING COMPUTER VISION AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES

© Mamchur S. S., Grigoryan A. G.  
Limited Liability Company «iFORS»  
Moscow

This work is devoted to the development of a mobile application for registration and objectification of Parkinson's disease (PD) symptoms based on kinematic parameters of hand movements using machine learning methods. Hand movements of PD patients were registered using an Apple smartphone camera. Motor tasks were selected based on Part 3 «Motor examination» of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale of the International Parkinson and Movement Disorder Society. List of tasks: finger tapping (2 types), «fist open-close test» and 2finger tapping test». The video signal received from the camera is recognized using machine vision, an array of coordinates of the parts of the palm is formed. Then the array is processed using an extremum search algorithm, at the output we get a series of amplitudes and a series of durations of the repeated actions. After that, both series are processed by the linear regression function, and the result of this processing are two trends describing the dynamics of changes in the kinematic parameters of hand movement.

The result of the work was the creation of a tool for objectifying personal motor symptoms of PD with the ability to send data to a doctor. This result is currently used as a separate solution in clinical practice. Work is underway to include it as an element in diagnostic complexes.

**Key words:** motor tests, neurological tests, Parkinson's disease, computer vision, artificial intelligence.

Болезнь Паркинсона (БП) – заболевание головного мозга, которое затрудняет двигательную активность и вызывает психические нарушения, расстройства сна, боли и другие проблемы со здоровьем. Симптомы заболевания имеют тенденцию усиливаться с течением времени. Заболевание неизлечимо, но его симптомы можно ослабить при помощи различных видов терапии и лекарственных средств. В большом числе случаев БП приводит к инвалидности и потребности в посторонней помощи. Заболевание обычно встречается у пожилых, но может возникать и у людей более молодого возраста [1].

Симптомы БП усугубляются с течением времени. Они могут существенно снижать благополучие и качество жизни больного. БП вызывает нарушения двигательной функции, в том числе [1]:

- замедленность движений;
- тремор;
- произвольные движения;
- проблемы при ходьбе;
- нарушение равновесия.

Чтобы поставить или уточнить диагноз, врач при физическом осмотре, включающем, помимо прочего, серию моторных/кинематических тестов, должен наблюдать произвольные движения пациента плюс одно из других двигательных нарушений (тремор, произвольные движения, нарушения походки). После постановки диагноза и начала лечения пациента, важно проверять основные характеристики заболевания при каждом последующем визите, чтобы можно было оценить лечение на основе того, как результаты обследования изменились с течением времени.

Результаты выполнения моторных тестов, входящих в физический осмотр, оцениваются врачом «на глаз», и до настоящего времени не объективизировались, также было затруднено сравнение результатов выполнения тестов, выполненных в разное время. После выполнения пациентом моторных/кинематических тестов пациента относили к той или иной группе классификации, и в соответствии с Клиническими рекомендациями назначали или корректировали лечение. Также, на данный момент не ведётся массовое накопление объективизированных данных по результатам физических осмотров пациентов, что усложняет сбор данных для научных исследований.

Для формирования более объективной картины симптомов БП нами было разработано мобильное приложение, позволяющее собирать данные о выполнении моторных/кинематических тестов, а также о двигательных нарушениях у пациента. На данный момент объективизируются следующие моторные/кинематические тесты: 2 вида постукивания пальцем («тап-тесты») – «проба кисть» и «проба пальцы». Также приложение собирает данные о треморе пациента, и в данный момент ведутся работы над алгоритмами распознавания и трактовки характеристик походки пациентов с БП.

Объективизация тестов «проба кисть» и «проба пальцы» проводится следующим образом: полученный с камеры видеосигнал, распознаётся с помощью машинного зрения, формируется массив координат ключевых точек ладони. Далее массив обрабатывается с помощью алгоритма поиска экстремумов, на выходе получаем ряд амплитуд и ряд длительностей выполнения повторяемых действий. После этого оба ряда формируют функцию линейной регрессии, и результатом этой обработки становятся два тренда, описывающих динамику изменения кинематических параметров движения руки.

Результатом использования мобильного приложения при проведении физического осмотра пациента в части выполнения тестов «проба кисть» и «проба пальцы» являются объективизированные данные о динамике изменения амплитуды и скорости, а также видео выполнения этих тестов. Сохраняемое видео служит для врача источником информации о том, как именно, насколько точно пациент выполнял тесты. После проведения осмотра данные могут быть отправлены с телефона с помощью почтового клиента или мессенджера. Данные могут быть отправлены в формате pdf, например, для хранения в медицинской карте пациента, так и в машиночитаемом формате xml, например, для использования в научно-исследовательских целях.

Итоги:

- реализован инструмент сбора и объективизации данных о выполнении моторных / кинематических тестов, а также о двигательных нарушениях у пациента;
- подготовлен инструмент для дистанционного контроля симптомов заболевания и оказания телемедицинских услуг пациентам с БП;
- заложены основы для расширения в приложении библиотеки моторных тестов для оценки различных неврологических заболеваний.

#### Библиографический список

1. Болезнь Паркинсона [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/parkinson-disease>

## О ПОДХОДАХ К СОЗДАНИЮ ПЛАТФОРМЫ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

© Марахтанов А. Г., Угрюмов А. Н.

Центр искусственного интеллекта ПетрГУ, Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

[marakhtanov@petrsu.ru](mailto:marakhtanov@petrsu.ru)

В работе описаны элементы базовой концепции платформы, обеспечивающей возможности интеграции разрозненных данных, моделей машинного обучения и сервисов на основании общих требований и инструментов. Данная платформа может использоваться промышленными предприятиями, в том числе в закрытом контуре.

**Ключевые слова:** платформа, искусственный интеллект, промышленные предприятия, модели машинного обучения, концепция.

## ON APPROACHES TO CREATING A PLATFORM OF SOLUTIONS BASED ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES FOR INDUSTRIAL ENTERPRISES

© Marakhtanov A., Ugryumov A.

Center for Artificial Intelligence, Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The paper describes the elements of the basic concept of a platform that provides the ability to integrate disparate data, machine learning models, and services based on common requirements and tools. This platform can be used by industrial enterprises, including in a closed circuit.

**Key words:** platform, artificial intelligence, industrial enterprises, machine learning models, concept.

В условиях стремительного развития информационных технологий и искусственного интеллекта предприятия активно используют появившиеся возможности для решения широкого спектра отраслевых задач. Например, реализуются различные проекты, обеспечивающие контроль соблюдения техники безопасности сотрудниками, прогнозирование спроса, оценку качества выпускаемой продукции, оптимизацию бизнес-процессов и документооборота и многое другое [1].

Таким образом, на предприятиях формируются наборы данных, моделей машинного обучения, прикладных сервисов, связанные с конкретными отраслевыми задачами. Во многих случаях данные наборы разрознены, не имеют единых стандартов структурирования, оформления, доступ к промежуточным результатам или размеченным датасетам ограничен. При таком подходе данные и модели не используются повторно, а затраты на инфраструктуру, необходимую для обслуживания сервисов, возрастают. Кроме того, практически невозможна кооперация и объединение усилий нескольких предприятий в процессе разработки решений, в то время, как набора данных, хранимых на одном предприятии, может быть недостаточно для создания качественных моделей.

Одним из решений обозначенной проблемы может стать разработка специализированной отраслевой платформы, предназначенной для предприятий, желающих использовать инструменты искусственного интеллекта и аналитики в своей деятельности. Основная цель создания такой платформы заключается в предоставлении простого и удобного интерфейса для доступа к набору датасетов, готовых моделей ИИ и специализированных сервисов, соответствующих единым правилам и требованиям, а также предоставление инструментов, упрощающих работу по созданию новых объектов в данной системе. При этом платформа может работать в закрытом контуре предприятия или группы предприятий, в полном соответствии с установленными политиками безопасности.

Платформа позволяет не только использовать уже существующие данные и модели, но и загружать новые данные, обучать модели и создавать новые сервисы (в том числе в стиле low code), которые отвечают конкретным нуждам предприятия. В результате, платформа превращается в мощный инструмент для компаний, стремящихся оставаться конкурентоспособными и внедрять современные технологии.

Платформа включает три основных раздела: реестр данных, моделей и сервисов, которые доступны для просмотра и использования. Пользователи могут ознакомиться с содержимым этих разделов, исследовать доступные данные и модели, а также скачивать их для локального использования. Однако платформа идет дальше, позволяя пользователям обучать новые модели ИИ на основе существующих и новых данных. Кроме того, можно создавать и настраивать сервисы на базе обученных моделей, что открывает возможность для создания собственных инструментов аналитики и автоматизации. Данная функциональность позволяет адаптировать инструменты под конкретные задачи, что делает платформу гибким решением для различных типов предприятий.

Платформа построена на основе стека технологий, включающего в себя такие инструменты, как язык программирования Python, фреймворк FastAPI, а также библиотеки Jinja2, SQLAlchemy и СУБД PostgreSQL. FastAPI обеспечивает высокую производительность и гибкость API, что делает платформу пригодной для масштабируемых решений [2]. Использование Jinja2 позволяет создавать динамические веб-страницы с удобным пользовательским интерфейсом. SQLAlchemy и PostgreSQL отвечают за работу с базами данных, предоставляя надежное и быстрое хранилище для данных. Дополнительно платформа оснащена библиотеками для работы с искусственным интеллектом, такими как Yolo [3], что делает ее готовой для использования ИИ-решений. Особое внимание уделено масштабируемости: платформа может функционировать как на уровне отдельного предприятия, так и в рамках более крупной экосистемы, соединяя несколько предприятий и позволяя обмениваться моделями и проводить совместное обучение, не передавая при этом реальные данные за пределы защищенного контура. Такая архитектура делает платформу гибкой и готовой к изменениям требований бизнеса.

Кроме обозначенных выше функциональных требований, таких, как возможность создавать, генерировать, структурировать и использовать в практических задачах, были определены и другие базовые требования, такие как:

1. Безопасность, возможность использования в закрытом контуре предприятия без доступа к глобальной сети Интернет.
2. Надежность, стабильность работы.
3. Масштабируемость, возможность использования в условиях высокой нагрузки.
4. Интегрируемость. Возможность встраивания решения в существующую инфраструктуру предприятия, подключать имеющиеся источники данных, выгружать информацию в сторонние системы.

5. Простота использования. Возможность работы с системой широкому числу пользователей – сотрудников предприятий. Наличие необходимой документации и материалов для изучения принципа работы платформы.

6. Универсальность. Применимость решения к различным задачам, поддержка различных типов нейронных сетей, например, для видеоаналитики, анализа текстов, анализа процессов, прогнозирования, кластеризации и пр.

Базовая концепция платформы была сформирована исходя из опыта взаимодействия Петрозаводского государственного университета – опорного вуза Республики Карелия – с индустриальными партнерами – крупными промышленными предприятиями региона. Требования к платформе формировались исходя из практического опыта данных предприятий, имеющихся и потенциальных наборов данных, моделей и прикладных сервисов. Также проект платформы прорабатывался летом 2024 года в рамках «Летней школы» при Центре искусственного интеллекта Петрозаводского государственного университета.

В настоящий момент планируется реализация MVP-версии платформы с целью ее тестирования и внедрения для применения к задачам реально действующих промышленных предприятий – индустриальных партнеров университета.

#### Библиографический список

1. ПНСТ 955-2024 «Искусственный интеллект в машиностроении. Варианты использования».
2. FastAPI framework, high performance, easy to learn, fast to code, ready for production. Режим доступа: <https://fastapi.tiangolo.com/>
3. Ultralytics YOLO Docs. Режим доступа: <https://docs.ultralytics.com/ru>

## МЕТОДЫ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ

© Махилев Р. А., Екимова Т. А.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[makhilev84@mail.ru](mailto:makhilev84@mail.ru)

В данной работе рассматриваются различные методы предиктивной аналитики, применяемые для оптимизации состава железоуглеродистых сплавов. Анализируются современные подходы и инструменты, такие как машинное обучение, статистические модели и искусственные нейронные сети, которые позволяют предсказывать свойства сплавов и оптимизировать их состав для достижения наилучших характеристик.

**Ключевые слова:** методы предиктивной аналитики, нейронные сети, машинное обучение.

## PREDICTIVE ANALYTICS METHODS USED FOR OPTIMIZATION OF THE IRON-CARBON ALLOYS COMPOSITION

© Makhilev R. A., Ekimova T. A.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

This paper discusses various methods predictive analytics used to optimize the composition of iron-carbon alloys. Modern approaches and tools are analyzed, such as machine learning, statistical models and artificial neural networks, which make it possible to predict the properties of alloys and optimize their composition to achieve the best performance.

**Key words:** predictive analytics method, neural networks, machine learning.

Одной из насущных задач, стоящих перед литейными предприятиями, является задача производства отливок без брака. Особенно важно предупредить появление брака в крупнотоннажных отливках, так как их отбраковка приносит значительные финансовые потери для предприятия. На этапе

производства отливок контролируется их химический состав, а готовые изделия бракуются по химическому составу и механическим свойствам, которые должны строго соответствовать требованиям ГОСТов. Так как контроль конечных механических свойств в отливках невозможно осуществить на этапе их производства, то актуальной становится разработка мероприятий, предупреждающих появление брака. Методы предиктивной аналитики, которые в настоящее время все чаще используются в материаловедении [1], могут быть применимы для предсказания механических свойств отливок.

Целью работы является разработка алгоритма, позволяющего предсказать механические свойства отливок из высокопрочных чугунов по данным о химическом составе.

В современном материаловедении для дизайна новых материалов с заданными свойствами или предсказания свойств материалов используются различные методы предиктивной аналитики: статистический анализ, методы машинного обучения, регрессионные модели и нейронные сети.

Статистический анализ используется для выявления корреляций между параметрами процесса и возникновением дефектов в отливках. Этот метод помогает идентифицировать основные факторы, влияющие на качество продукции. Однако, он не всегда способен выявить все возможные созависимости, приводящие к браку отливок чугуна. Статистический анализ включает методы, такие как корреляционный и регрессионный анализ, которые помогают определить взаимосвязи между различными переменными.

Методы машинного обучения включают различные методы классификации, такие как логистическая регрессия, деревья решений и метод опорных векторов (SVM). Эти методы позволяют предсказывать вероятность возникновения дефектов на основе исторических данных. Логистическая регрессия используется для бинарной классификации, деревья решений помогают визуализировать процесс принятия решений, а метод опорных векторов эффективно разделяет данные на классы, даже если они перекрываются.

Регрессионные модели используются для предсказания количественных параметров, влияющих на качество отливок. Линейная регрессия и полиномиальная регрессия являются наиболее распространенными методами, которые помогают предсказывать значения зависимых переменных на основе независимых переменных. Линейная регрессия предполагает линейную зависимость между переменными, тогда как полиномиальная регрессия позволяет моделировать нелинейные зависимости.

Нейронные сети представляют собой мощный инструмент для анализа данных, способный выявлять сложные зависимости, которые могут оставаться незамеченными при использовании традиционных методов.

В работе была использована база данных о химическом составе и механических свойствах высокопрочных чугунов марки ВЧ50, собранная на ООО «Литейный завод «Петрозаводскмаш». Для нахождения наиболее общих зависимостей между химическим составом и механическими свойствами использовались методы статистического анализа. Для установления силы и направления связи между каждой парой значений «химический элемент – механическое свойство» был использован корреляционный анализ. Ранее было показано [4], что для оценки степени корреляции между двумя параметрами необходимо использовать коэффициент ранговой корреляции Спирмена [5], так как распределение значений для каждого из анализируемых параметров не подчиняется закону нормального распределения, а, следовательно, использовать традиционно применяемый для этих целей коэффициент Пирсона нельзя. Методами статистического анализа было показано, что взаимосвязи между параметрами носят сложный характер, большинство из них являются значимыми.

Для анализа сложных зависимостей наиболее эффективным является использование нейросетей. Несмотря на признанную эффективность, подбор параметров и настройка ее для достижения высокой точности является не самой простой задачей.

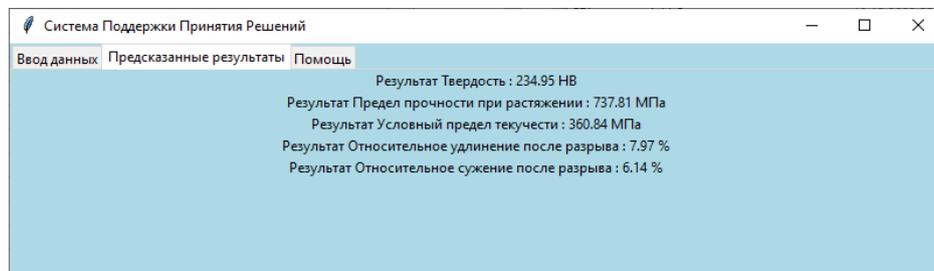
На основе нейросетей были построены предсказательные модели для каждого механического свойства. Общим в архитектуре нейросетей было использование входного слоя из семи нейронов по числу анализируемых химических элементов в составе чугунов и выходного слоя с 1 нейроном. Параметры разработанных нейросетей представлены в таблице 1.

Таблица 1

### Параметры нейросетей

Механическое свойство	Входной слой	Количество слоев	Количество нейронов в слоях	Выходной слой
Твердость	7 нейронов по числу химических элементов	6	от 7 до 32	1 нейрон
Предел прочности при растяжении		5	от 14 до 28	
Условный предел текучести		6	от 14 до 32	
Относительное удлинение после разрыва		5	от 14 до 28	
Относительное сужение после разрыва		6	от 14 до 28	

Все пять построенных моделей затем были объединены в одном программном коде, который получал входные параметры от пользователя и используя соответствующую модель, предсказывал определенное механическое свойство и выводил полученный результат (рис. 1).



**Рис. 1. Окно вывода результатов предсказания механических свойств**

В качестве показателей точности используются среднеквадратичная ошибка (MSE) и средняя абсолютная ошибка (MAE). Данные ошибки не являются безразмерными, что ограничивает их универсальность и информативность. Поэтому в качестве альтернативного критерия оценки эффективности можно использовать коэффициент детерминации (коэффициент  $R^2$ )

<p>Среднеквадратичная ошибка MSE</p> $MSE = \frac{\sum_{j=1}^{m_c} (y_j - \hat{y}_j)^2}{m_c}$	<p>Средняя абсолютная ошибка MAE</p> $MAE = \frac{\sum_{j=1}^{m_c}  y_j - \hat{y}_j }{m_c}$	<p>Коэффициент детерминации</p> $R^2 = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{m_c} (y_j - \hat{y}_j)^2}{\sum_{j=1}^{m_c} (y_j - \hat{Y})^2}$
---	---	---

где  $y_1, \dots, y_{m_c}$  – истинные значения целевой переменной  $Y$  на выборке  $S_c$ ;

$\hat{y}_1, \dots, \hat{y}_{m_c}$  – прогнозы целевой переменной, рассчитанные с помощью предиктивной модели;

$m_c$  – размер выборки;

$\hat{Y}$  – среднее значение целевой переменной  $y$  в экспериментальном наборе данных.

В таблице 2 приведены значения MSE, MAE и  $R^2$ . Несмотря на то, что величины ошибок MAE имеют невысокие значения, значения коэффициентов  $R^2$  говорят о плохой сходимости предсказанных и экспериментальных значений. Следовательно, разработанные модели требуют дальнейшей доработки.

Таблица 2

### Показатели MSE, MAE и коэффициент $R^2$

	Твердость, НВ	Предел прочности при растяжении, МПа	Условный предел текучести, МПа	Относительное удлинение после разрыва, %	Относительное сужение после разрыва, %
MSE	395,06	3708,73	618,67	6,26	6,32
MAE	9,67	21,09	1,22	0,35	0,80
$R^2$	-0,38	0,35	-0,68	0,09	-0,35

*Исследования, описанные в данной работе, были выполнены на оборудовании Учебного дизайн-центра, приобретенного при поддержке субсидии, предоставленной Министерством науки и высшего образования РФ по соглашению № 075-02-2024-1518.*

#### **Библиографический список**

1. Machine Learning in Metallurgy // Journal of Materials Science. 2018. Vol. 53. No. 2. P. 11–20.
2. Regression Models in Material Science // Journal of Materials Science. 2017. Vol. 52. No. 3. P. 21–30.
3. Neural Networks in Material Science // Journal of Materials Science. 2019. Vol. 54. No. 4. P. 31–40.
4. Беляев С. А., Махилев Р. А. Разработка системы поддержки принятия решений для производства изделий из высокопрочных чугунов на основе моделей предиктивной аналитики: магистерская диссертация / С. А. Беляев, Р. А. Махилев; Петрозаводский государственный университет; науч. рук. Т. А. Екимова. Петрозаводск, 2024.
5. Критерий Спирмена // Медицинская статистика URL: <https://medstatistic.ru/methods/methods9.html> (дата обращения: 27.08.2024).

## **ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МОДЕЛЕЙ НЕЙРОСЕТЕЙ В ОБУЧЕНИИ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ**

© Назаров А. И.

Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[anazarov@petrsu.ru](mailto:anazarov@petrsu.ru)

В статье рассмотрены возможности искусственного интеллекта как дидактического средства, направленного на обеспечение эффективности и персонализации обучения физике в бакалавриатах инженерных направлений подготовки. Проанализированы различные модели, которые используют нейросети в области обработки естественного языка и других приложениях, в частности, в обучении решению задач по физике. В качестве примеров представлены примеры решения задач разного типа и уровня сложности, проведен анализ качества этих решений. Описана роль преподавателя в организации онлайн-практикума по решению задач и самостоятельной работы студентов с помощью искусственного интеллекта.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, решение задач по физике, виртуальный помощник, эффективность моделей нейросетей.

## **THE CAPABILITIES OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND NEURAL NETWORK MODELS IN TEACHING PROBLEM-SOLVING IN PHYSICS**

© Nazarov A.

Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The article examines the possibilities of artificial intelligence as a didactic tool aimed at enhancing the effectiveness and personalization of physics education in engineering bachelor's programs. Various models that utilize neural networks in natural language processing and other applications, particularly in teaching problem-solving in physics, are analyzed. Examples of solving different types and levels of complexity of problems are presented, along with an analysis of the quality of these solutions. The role of the instructor in organizing online workshops for problem-solving and facilitating independent student work with the help of artificial intelligence is described.

**Key words:** artificial intelligence, solving physics problems, virtual assistant, effectiveness of neural network models.

**Анализ проблемы.** Одной из основных сложностей для преподавателя физики является формирование у обучающихся умения решать прикладные задачи, что является приоритетной целью образовательных программ инженерных направлений подготовки. Разный уровень школьной подготовки

студентов с необходимостью требует индивидуального подхода, реализовать который при большом числе обучающихся, приходится на одного преподавателя, проблематично. Ситуация усугубляется снижением конкурса на инженерные специальности вузов, где эта дисциплина является обязательной для изучения.

В ряде исследований, например [1; 2], показано, что педагогические технологии, использующие возможности искусственного интеллекта (ИИ), способны существенно повысить интерес и увлекательность обучения. Включение этих технологий в образовательный процесс позволяет создавать интерактивную среду для индивидуального обучения, что в свою очередь улучшает восприятие и понимание предметного содержания студентами, повышает эффективность усвоения учебного материала. Для организации самостоятельной работы преподаватели все чаще используют нейросети, разрабатывают и применяют инновационные методики онлайн-обучения на их основе. В частности, различные модели, используемые нейросетями, применяются для формирования образовательного контента, создания виртуальных помощников, разработки заданий, выполняемых в формате онлайн-взаимодействия между обучающимися, преподавателем и ИИ.

Рассмотрим возможности использования ИИ в качестве интерактивного помощника при решении задач по физике. Преимущества здесь очевидны: доступность из любого места, возможность организовать обучение по запросу, возможность адаптировать материал под уровень знаний и потребности студента. Кроме того, различные модели используемые нейросетями, позволяют преподавателю и обучающимся получить грамотные с точки зрения физики пошаговые решения задач с подробным объяснением хода решения, рассмотреть разные способы решения. ИИ экономит время, предоставляя оперативный ответ на запрос в онлайн-формате, стимулирует активность студентов в поиске верных решений, формирует умение работать с информацией различного типа, умение задавать вопросы. Всё это не только углубляет понимание физики обучающимися, но и способствует формированию универсальных и общепрофессиональных компетенций.

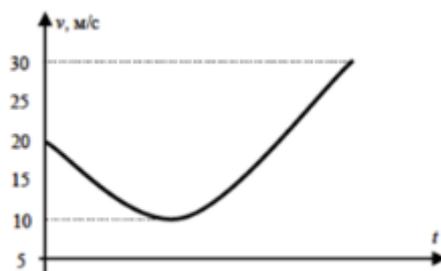
Несмотря на значительный дидактический потенциал ИИ его использование в обучении физике остается ограниченным. Это в значительной степени связано с недостаточной информированностью участников образовательного процесса о возможностях интеллектуальных систем, а также недостаточной готовностью преподавателей к интеграции такого рода технологий в учебный процесс. Другими факторами, ограничивающими применение ИИ при решении задач по физике, являются достаточно часто встречающиеся некорректные трактовки и объяснения, ошибочное применение физических законов.

**Результаты исследования.** Рассмотрим на конкретных примерах результат применения разных моделей нейросетей для решения задач по физике. Отметим, что с их помощью по запросу можно получать решение, представленное «простыми» словами, без использования и с использованием формул, представленных в формате LaTeX.

**Легко алгоритмизируемая задача.** Камень бросают под таким углом  $\alpha$  к горизонту, что  $\sin \alpha = 0,8$ . Оказалось, что модуль перемещения камня за первую секунду его полёта равен модулю перемещения камня за вторую секунду полёта. Найдите модуль начальной скорости, сообщённой камню при броске.

- Модели GPT-4o mini, Claude 3 Haiku, Gemini 1.5 Flash и Llama 3 (далее «базовые модели») не справились с решением, перепутав понятие перемещения за вторую секунду с понятием перемещения за первые две секунды. Наводящие вопросы преподавателя не помогли исправить ситуацию;
- Модели GPT-4o, Claude 3.5 Sonnet, 01-preview проводили рассуждения и успешно справились с задачей. Особенности: был представлен поэтапный план решения, приведены формулы, сделаны необходимые расчеты. В модели Claude 3.5 Sonnet дополнительно была представлена проверка решения. Однако описание решений были слишком длинными и требовалось большое число токенов – единиц смысла в обработке естественного языка, что неоптимально для простых задач. Важно, что после получения этими моделями правильных решений базовая модель смогла найти верный ответ.

**Задача, требующая анализа графической информации.** На графике представлена зависимость модуля скорости шарика, брошенного под углом к горизонту с балкона, от момента броска до падения на землю. Определите, под каким углом был брошен шарик и на какой высоте над землёй находится балкон [3].



- Базовые модели задачу не решили.
- Использование модели GPT-4o позволило рассчитать только угол бросания.
- GPT o1-mini задачу решил, представив сначала условие задачи в символьном виде, а затем её пошаговое решение, хотя привел при этом не совсем корректное с точки зрения русского языка объяснение.
- Перед использованием Claude 3.5 Sonet преподаватель попросил проанализировать график, представленный в условии задачи. Была получена следующая информация (приведена после стилистической корректировки): «На изображении представлен график зависимости скорости ( $v$ ) от времени ( $t$ ). График имеет следующие характеристики: Ось Y обозначена как " $v$ , м/с" (скорость в метрах в секунду). Ось X обозначена как " $t$ " (время). При  $t = 0$  скорость равна 20 м/с. Скорость сначала снижается, достигая минимума на уровне 10 м/с. После достижения минимума скорость нарастает и достигает своего максимального значения равного 30 м/с. Форма графика парабола, ветви которой направлены вверх. Этот график похож на зависимость скорости от времени для объекта, брошенного вверх с некоторой начальной скоростью, который затем падает обратно под действием силы тяжести». Далее был приведен план решения и ответ. Ответ сначала был ошибочен. По запросу преподавателя было представлено подробное решение с проверкой его правдоподобности. Преподаватель указал на ошибку: «По твоим расчетам  $h = 40$  м, но это максимальная высота шарика над уровнем земли. Чтобы найти высоту балкона из этой высоты нужно вычесть высоту подъема шарика над балконом». Далее ИИ исправил своё первоначальное решение и получил верный ответ.
- Использование модели Claude o1-preview. Сначала ИИ привел данные из графика: начальная скорость ( $v_0$ ): 20 м/с, минимальная скорость ( $v_{\min}$ ): 10 м/с, конечная скорость ( $v_k$ ): 30 м/с. На основе этих данных было представлено компактное корректное с точки зрения законов физики решение.

**Задача на использование законов сохранения.** Тело массы  $M$  в результате взрыва разлетается на  $N$  осколков равной массы. Какую максимальную скорость может получить один из осколков, если энергия взрыва  $E$ ?

- Решение GPT-4o оказалось ошибочным. Было неверно истолковано условие задачи несмотря на то, что преподаватель просил обратить внимание на факт распада на несколько осколков.
- Решение Claude 3.5 Sonet оказалось самым компактным. Сначала было отмечено, что при распаде на несколько осколков нужно учитывать не только закон сохранения энергии, но и закон сохранения импульса. Далее было описано решения исходя из этих законов для системы, состоящей из одного осколка и всех остальных осколков. Рассуждения оказались верными, но была допущена ошибка в преобразованиях и трактовке физического обоснования. После соответствующего указания преподавателя ошибка в преобразованиях была устранена. Следует отметить, что GPT-4o после корректировки, проведенной Claude 3.5 Sonet, также исправила ошибки в преобразованиях.
- Модели o1-mini и Gemini 1.5 Pro с первой попытки успешно справились с решением задачи, хотя в трактовке физического обоснования были допущены смысловые ошибки.

**Заключение.** На сегодняшний день ИИ не способен корректно решить все типы физических задач, в ходе решения могут допускаться смысловые ошибки, ошибки в преобразованиях и т. п. Получение правильного решения сложных задач требует наводящих вопросов и может выходить за пределы возможностей ИИ. Тем не менее, базовые модели, используемые нейросетями, хорошо справляются со стандартными задачами, рассматриваемыми в рамках рабочих программах дисциплин. Это позволяет использовать ИИ в качестве помощника при выполнении домашних заданий, подготовки к экзаменам и в других случаях, когда быстрая обратная связь имеет важное значение.

Роль преподавателя физики заключается в изучении возможностей и предоставлении общих рекомендаций по использованию различных моделей нейросетей для решения задач, подбору задач для самостоятельной работы, разработке методики применения ИИ при онлайн-обучении.

#### Библиографический список

1. Филатова О. Н. Применение нейросетей в профессиональном образовании / О. Н. Филатова, М. Н. Булаева, А. В. Гушин // Проблемы современного педагогического образования. 2022. № 77-3. С. 243–245.
2. Ткаченко Е. Н. Искусственный интеллект, возможности и ограничения его использования в образовании. Путеводитель предпринимателя. 2023. Т. 16. № 3. С. 57–62. DOI: 10.24182/2073-9885-2023-16-3-57-62
3. Яковлев И. В. Консервативные системы. [Электронный ресурс]. URL: <https://mathus.ru/phys/conserva.pdf>

## ВЫЯВЛЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННЫХ ПОБЕГОВ В ЯЧЕЙКЕ ДЛЯ КОНТЕЙНЕРИЗИРОВАННЫХ СЕЯНЦЕВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

© Новикова Д. А., Рего Г. Э.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

*mybabydarya@yandex.ru, regoGr@yandex.ru*

Цель работы — разработка системы для автоматического обнаружения и удаления лишних побегов в контейнеризированных ячейках с помощью лазера. Система будет использовать свёрточные нейронные сети для анализа изображений и определять лишние побеги, после чего отправлять координаты лазеру для их удаления, оставляя только один побег на одну ячейку.

**Ключевые слова:** контейнеризированные сеянцы, множественные побеги, лазерное прореживание, свёрточные нейронные сети, аугментация изображений.

## DETECTION OF MULTIPLE SHOOTS IN A CELL FOR CONTAINERIZED SEEDLINGS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE METHODS

© Novikova D. A., Rego G. E.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The goal of the work is to develop a system for automatic detection and removal of excess shoots in containerized cells using a laser. The system will use convolutional neural networks to analyze images and identify excess shoots, then send coordinates to the laser to remove them, leaving only one shoot per cell.

**Key words:** containerized seedlings, multiple shoots, laser thinning, convolutional neural networks, image augmentation.

Одной из актуальных задач в лесном хозяйстве является автоматизация процесса прореживания контейнеризированных сеянцев. В условиях контейнерного выращивания для увеличения вероятности прорастания хотя бы одного побега, в ячейку часто сажают сразу несколько семян. Однако, это приводит к появлению в одной ячейке множества побегов. В ручном режиме удаление лишних побегов и сорняков требует значительных временных затрат. С целью сокращения расходов на ручной труд и улучшения качества выращивания саженцев следует разработать систему автоматического выявления и удаления лишних побегов при помощи лазерного прореживателя.

Функционирование системы автоматического прореживания включает в себя несколько этапов. Сначала камера фиксирует изображение каждой ячейки с сеянцами. Затем изображение анализируется и выполняется выявление лишних побегов. После того как побеги распознаны, система определяет их координаты в пределах каждой ячейки. Эти координаты затем передаются лазерному устройству,

которое выполняет точечное прореживание, удаляя только нежелательные объекты, если получено разрешение на удаление объекта.

Особенностью данного метода является то, что система должна оставлять только один, наиболее развитый побег в пределах одной ячейки. Это требует оценки размеров и состояния каждого побега, чтобы оставлять наиболее крупный и жизнеспособный побег. Остальные побеги, включая сорняки и слабо развитые растения, подлежат удалению.

Для повышения безопасности и точности выполнения процесса в системе должен быть внедрен механизм подтверждения. Прежде чем лазер начнет работать, система проверяет, находится ли цель внутри заданной ячейки, и оценивает вероятность удаления нужного побега. В некоторых случаях это не требуется, если саженец будет пересажен в другую ячейку или секцию. Это помогает избежать случайного удаления основного растения или работы лазера вне ячейки. Механизм подтверждения выполняет роль дополнительной защиты, повышая надежность системы и обеспечивая её безопасное применение на практике. Такая проверка особенно важна для предотвращения ошибок в условиях, когда объекты могут располагаться близко друг к другу, и требуется высокая точность позиционирования лазера. Использование этого механизма позволяет повысить точность и безопасность работы лазерного устройства, минимизируя риск повреждения культурных растений.

Также необходима разработка информационной системы, в которой будет выполняться автоматическая идентификация лишних побегов в каждой ячейке контейнера. В рамках данной работы нужно разработать лишь ту часть системы, которая будет распознавать саженцы. Для этого требуется решение нескольких ключевых задач. Во-первых, необходимо выявлять лишние побеги и сорняки. Во-вторых, в системе должны определяться точные координаты этих побегов по изображению, чтобы лазерный прореживатель мог прицельно удалять их при получении разрешающего подтверждения. Автоматизация такого процесса предполагает использование методов компьютерного зрения и машинного обучения, чтобы система могла эффективно справляться с задачей в различных условиях.

Для эффективного распознавания и классификации побегов предполагается использование свёрточных нейронных сетей (Convolutional Neural Network - CNN) [1]. CNN обучаются на основе большого количества изображений, содержащих как культурные побеги, так и сорняки. Для обучения CNN необходим качественный и разнообразный датасет. Процесс сбора датасета включает в себя сбор изображений, представляющих сеянцы в различных условиях (рис. 1). Важно учитывать разнообразие возможных условий съемки, таких как разный уровень освещения, изменение расстояния до саженцев и угол, под которым они снимаются. Так как система должна работать в реальных условиях, где внешние факторы могут варьироваться, разнообразие данных важно для повышения уровня правильного распознавания сеянцев.



*Рис. 1. Ячейки с саженцами хвойных деревьев*

Помимо сбора данных, важной частью подготовки является их предобработка [5]. На этапе предобработки данные приводятся к формату, оптимальному для работы алгоритмов машинного обучения. Первым шагом предобработки часто является приведение изображений к единому разрешению и размеру. Благодаря тому, что модель будет анализировать изображения одинакового размера, уменьшается необходимость дополнительной адаптации слоёв сети под разные размеры входов. Также предобработка включает нормализацию значений пикселей, то есть приведение их к единому диапазону, например, от 0 до 1. Это снижает влияние перепадов яркости на результаты работы нейронной сети. Дополнительно могут применяться фильтры для удаления шума, улучшения резкости и контраста, что позволяет улучшить видимость мелких деталей на изображении, таких как листья или стебли саженцев.

Также необходимо выполнить аугментацию изображений. Аугментация изображений включает в себя такие методы, как изменение яркости, контрастности, повороты, масштабирование и зеркальное отражение изображений [2]. Эти методы позволяют значительно увеличить объем обучающей выборки и делают модель более устойчивой к изменяющимся условиям среды. Например, изменение яркости изображений поможет модели обучаться на данных, которые искусственно создают разнообразное освещение в кадре, что улучшит её способность распознавать саженцы как в условиях яркого солнечного света, так и в условиях слабого освещения. В целом для данной работы аугментация полезна своей возможностью обучения модели распознавать объекты на изображениях с учетом возможных изменений в среде, где происходит съемка. Это может значительно повысить точность распознавания, что особенно важно для работы в реальных условиях, когда погодные условия могут изменяться.

Следующей немаловажной процедурой является аннотирование. Аннотирование изображений — это процесс разметки, необходимый для обучения нейронной сети [3]. В процессе аннотирования изображения размечаются вручную, чтобы система могла учиться распознавать нужные объекты. На

каждом изображении отмечаются основные элементы: культурные побеги, сорняки, другие объекты, лишние саженцы и самый крупный из них. От качества разметки напрямую зависит точность работы алгоритма. Чем точнее размечены изображения, тем более эффективно нейронная сеть сможет распознавать объекты в будущем.

На сегодняшний момент был выполнен сбор данных, выполняется их предобработка. Планируется начать обучение свёрточной нейронной сети.

Обучение свёрточной нейронной сети на подготовленном датасете включает в себя процесс подбора гиперпараметров, таких как количество слоев, размер фильтров, а также выбор функции активации и скорости обучения [4]. Обучение сети будет происходить на основе размеченных изображений. Для повышения точности и скорости обучения будут использованы предварительно обученные модели (transfer learning). Это сократит время на тренировки и обеспечит более быстрое достижение нужного уровня точности.

Внедрение системы автоматического прореживания контейнеризированных сеянцев позволит существенно сократить затраты на ручной труд и повысить производительность. Автоматизация процесса прореживания с помощью нейронных сетей и других алгоритмов компьютерного зрения обеспечит более точное и быстрое удаление лишних побегов. Ожидается, что такое решение улучшит качество посадок и обеспечит более эффективное распределение ресурсов в лесном хозяйстве.

### Библиографический список

1. Wang Y. H., Su W. H. Convolutional neural networks in computer vision for grain crop phenotyping: A review // *Agronomy*. 2022. Vol. 12. №. 11. DOI: doi.org/10.3390/agronomy12112659
2. NewTechAudit (NTA) Подготовка данных для настройки и обучения нейросети по детекции объектов [Электронный ресурс]: профессиональное сообщество. 2020. 23 июня. Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/507888/>
3. Трофимова Е. Разметка изображений [Электронный ресурс] // *Habr*. Режим доступа: [https://habr.com/ru/companies/data\\_light/articles/852848/](https://habr.com/ru/companies/data_light/articles/852848/)
4. Jiang Y., Li C. Convolutional Neural Networks for Image-Based High-Throughput Plant Phenotyping: A Review // *Plant Phenomics*. 2020. Vol. 2020. Article ID: 4152816. Режим доступа: <https://spj.science.org/doi/full/10.34133/2020/4152816>
5. Tang S., Yuan S., Zhu Y. Data Preprocessing Techniques in Convolutional Neural Network Based on Fault Diagnosis Towards Rotating Machinery [Электронный ресурс] // *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 149487–149496. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.3012182. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9149875>

## РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОПОТОЧНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ КОНТРОЛЛЕРОВ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ

© Оськин К. И., Екимов К. А.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

[Oskin\\_kirill@bk.ru](mailto:Oskin_kirill@bk.ru)

В работе представлена разработка испытательного комплекса для систем автоматизации на основе промышленных протоколов. Описывается разработка комплекса, позволяющего производить отладку алгоритмов и определять максимальную нагрузку, которую может выдержать контроллер при работе с большим количеством устройств, описаны эмуляторы ключевых модулей, таких как измерения электрических параметров, аналогового ввода и электросчётчика. Приведены основные функциональные возможности программы, включая динамическое добавление и удаление устройств, многопоточный режим работы и логирование данных. Также описаны результаты тестирования комплекса с использованием ПЛК210 и программы Modbus Poll.

**Ключевые слова:** системы автоматизации, протокол Modbus, испытательный комплекс, эмуляция устройств, многопоточность.

## IMPLEMENTATION OF A MULTI-THREADED OPERATION MODE FOR A TESTING COMPLEX FOR AUTOMATION SYSTEMS CONTROLLERS

© Oskin K. I., Ekimov K. A.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The paper describes the development of a test complex for automation systems based on industrial protocols. The development of a complex that allows debugging algorithms and to determine the maximum load that the controller can withstand when working with a large number of devices, emulators of main units such as measurements of electrical parameters unit, analog input unit and an electric meter are described. The main function of the program is presented, including dynamic addition and removal of devices, multi threaded operation and data logging. The results of testing the complex using PLC 210 and the Modbus Poll program are also described.

**Key words:** automation systems, Modbus protocol, testing complex, device emulation, multithreading.

### Введение

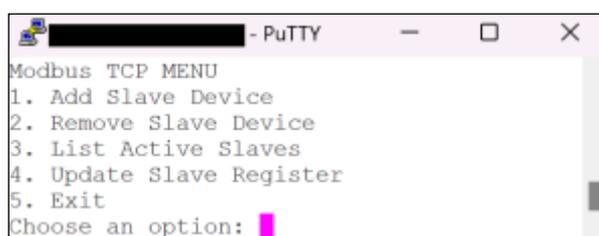
Протокол Modbus, несмотря на свою длительную историю, остается популярным в системах автоматизации и поддерживается большинством промышленных контроллеров для управления и обмена данными между устройствами [1]. Однако при подключении большого числа устройств возрастает необходимость определения предельной нагрузки, которую может выдержать контроллер, особенно в условиях нестабильной связи и ограниченных скоростей передачи данных.

В связи с этим, была начата разработка универсального испытательного комплекса, способного эмулировать работу различных ведомых устройств [2]. Для более точного анализа предельной нагрузки и оценки устойчивости системы требуется возможность создания нескольких эмуляторов, которые могли бы одновременно опрашиваться контроллером.

Это усовершенствование позволило бы испытательному комплексу моделировать сценарии, максимально приближенные к реальным промышленным условиям, помогая определить устойчивость контроллера и выявить потенциальные узкие места на этапе проектирования.

### Реализация комплекса

За основу испытательного комплекса была выбрана библиотека libmodbus версии 3.0.3-1, написанная на языке C [2; 3]. Эта библиотека позволяет эмулировать работу устройств Modbus TCP, но изначально не поддерживает многопоточность. В новой версии испытательного комплекса эта проблема решена. Теперь программа позволяет динамически добавлять и удалять эмулируемые устройства: для каждого нового устройства автоматически создается уникальный идентификатор Slave ID и выделяется свободный порт, который освобождается при удалении устройства для повторного использования. На рис. 1 представлено обновлённое меню эмуляции Modbus TCP/IP, которое позволяет удобно управлять добавлением и удалением устройств, предоставляя гибкие настройки для конфигурации каждого модуля. Логирование ведётся для каждого сеанса отдельно, что способствует надёжности и удобству мониторинга работы комплекса.



*Рис. 1. Обновлённый интерфейс эмуляции Modbus TCP/IP*

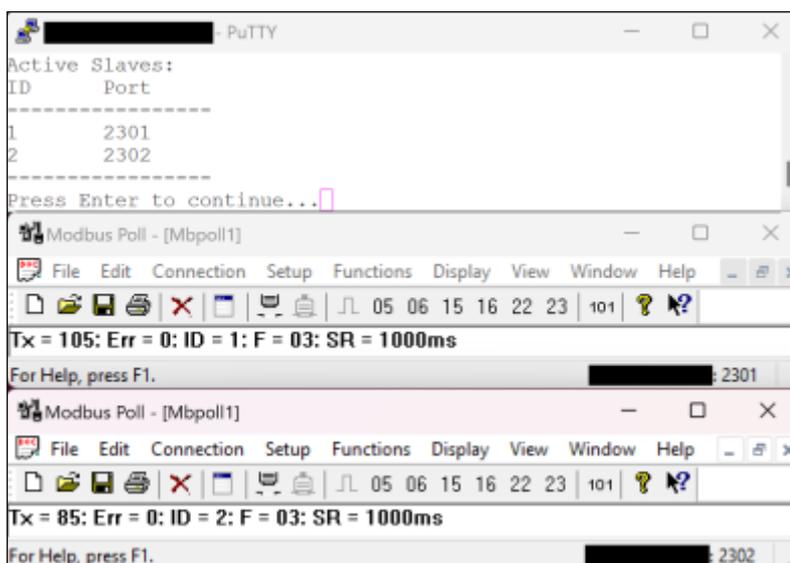
### Испытания и подтверждение корректности работы

Для подтверждения корректной работы испытательного комплекса и демонстрации его функциональных возможностей было проведено тестирование с использованием различных устройств и конфигураций.

Для первичной проверки работы испытательного комплекса и его способности работать в многопоточном режиме было проведено тестирование с использованием программы Modbus Poll [4]. Этот

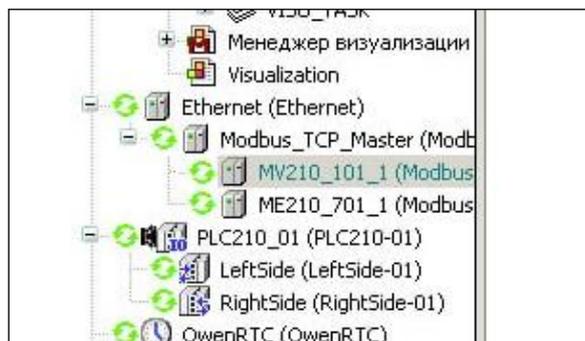
инструмент позволяет запускать несколько клиентов одновременно, каждый из которых подключается к отдельным эмулируемым устройствам и отправляет запросы по протоколу Modbus.

В ходе тестирования клиенты Modbus Poll опрашивали несколько устройств, эмулируемых на стороне испытательного комплекса. Результаты работы продемонстрированы на рис. 2.



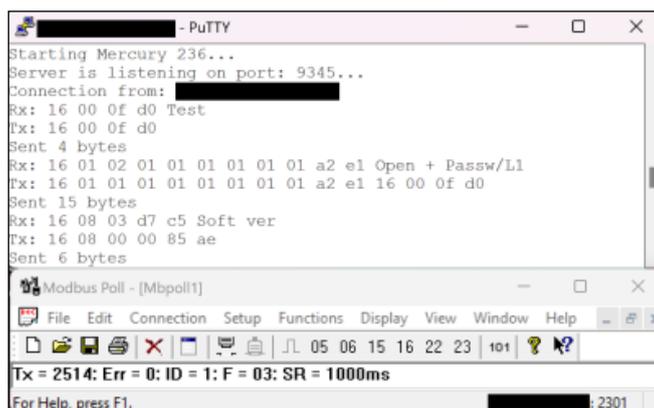
**Рис. 2. Интерфейс программы Modbus Poll и интерфейс испытательного комплекса**

Помимо этого, в комплексе ранее была реализована эмуляция части регистров модулей измерения параметров электрической сети МЭ210-701 и аналогового ввода МВ210-101 от компании Овен [5; 6]. Для тестирования этой части комплекса был использован контроллер ПЛК210 той же компании с заранее написанным программным обеспечением, опрашивающим существующие модули [7]. Вместо адресов реальных устройств были вставлены адреса их эмуляторов в испытательном комплексе. В ходе испытаний было установлено, что контроллер ПЛК210 корректно опрашивает регистры модулей, что подтверждает возможность опроса нескольких устройств одновременно. На рис. 3 показана часть интерфейса среды разработки CoDeSys с индикацией успешного подключения [8].



**Рис. 3. Часть интерфейса CoDeSys с индикацией успешного подключения [8]**

Для дополнительной проверки одновременной работы с несколькими устройствами было проведено тестирование, в ходе которого эмулятор электросчётчика «Меркурий 236» [2; 9], переведённый с языка Python на C, функционировал параллельно с клиентом Modbus Poll. Подключённый к комплексу клиент Modbus Poll производил опрос эмулятора Modbus TCP, а в это время конфигуратор счетчиков «Меркурий», успешно считывал и отображал данные эмулятора электросчётчика [10]. На рис. 4 показан вывод данных эмуляции электросчётчика «Меркурий 236» в терминал и интерфейс Modbus Poll.



**Рис. 4. Интерфейсы программы Modbus Poll и испытательного комплекса**

### Заключение

Проведённые тесты подтвердили, что разработанные алгоритмы испытательного комплекса способны работать в многопоточном режиме, обеспечивая стабильность соединений при взаимодействии с различными клиентами. Добавление многопоточного режима значительно расширяет возможности комплекса при отладке и диагностике сбоев различных контроллеров, позволяя оценить их надёжность и производительность еще до реализации систем автоматизации.

В дальнейшем для удобства эксплуатации и восприятия информации на испытательном комплексе планируется реализация отображения настроек и отладочной информации с Web-страницы. Будет добавлена возможность обрабатывать запросы по другим протоколам и модификациям Modbus (например, Modbus RTU), а также возможность эмулировать работу не только ведомых, но и ведущих устройств. Эти усовершенствования дадут возможность существенно расширить потенциал испытательного комплекса, делая его еще более эффективным средством для разработки, отладки и настройки систем автоматизации.

*Исследования выполнены при поддержке субсидии, предоставленной Министерством науки и высшего образования РФ по соглашению № 075-02-2024-1518.*

### Библиографический список

1. Червинский В. В. Средства специализированных телекоммуникационных шин и сетей систем управления: учебное пособие / В. В. Червинский, О. С. Волуева, В. В. Турупалов; под общ. ред. к. т. н., проф. В. В. Турупалова. Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2022. 164 с. ISBN 978-5-9729-0976-6.
2. Оськин К. И. Разработка испытательного комплекса для контроллеров систем автоматизации [Текст] / К.И. Оськин, К.А. Екимов // Приборы. Москва, 2024. № 7 (289). С. 30–36. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=73812015>. ISSN 2071-7865.
3. Библиотека Libmodbus [Электронный ресурс] // Debian. URL: <https://tracker.debian.org/news/238886/accepted-libmodbus-303-1-source-i386/> (дата обращения: 11.11.2024).
4. Modbus Poll [Электронный ресурс] // Modbus Tools. URL: [https://www.modbustools.com/modbus\\_poll.html](https://www.modbustools.com/modbus_poll.html) (дата обращения: 11.11.2024).
5. МЭ210-701. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] // Owen. URL: [https://owen.ru/downloads/re\\_me210-701.pdf](https://owen.ru/downloads/re_me210-701.pdf) (дата обращения: 11.11.2024).
6. МВ210-101. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] // Owen. URL: [https://www.owenkomplekt.ru/assets/files/Mx210/re\\_mv210-101\\_1\\_ru\\_23540\\_1.20.pdf](https://www.owenkomplekt.ru/assets/files/Mx210/re_mv210-101_1_ru_23540_1.20.pdf)
7. ПЛК210. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] // Owen. URL: [https://owen.ru/downloads/re\\_plk210-1x.pdf](https://owen.ru/downloads/re_plk210-1x.pdf) (дата обращения: 11.11.2024).
8. CoDeSys [Электронный ресурс] // Owen. URL: [https://owen.ru/product/codesys\\_v3](https://owen.ru/product/codesys_v3) (дата обращения: 11.11.2024).
9. МЕРКУРИЙ 236. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс] // Incotexcom. URL: <https://www.incotexcom.ru/files/em/docs/merkuriy-236-avlg-411152-034-re-2019-12-21.pdf> (дата обращения: 11.11.2024).

10. Конфигуратор счетчиков Меркурий (универсальный). Руководство пользователя [Электронный ресурс] // Incotexcom. URL: <https://www.incotexcom.ru/files/em/docs/config-mercury-uni.pdf> (дата обращения: 11.11.2024).

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВИДЕОАНАЛИТИКИ КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

© Павлов М. П., Рыбин Е. И., Ивашнев К. Р., Марахтанов А. Г.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

*maksim\_pavlov\_2003@list.ru, rybin@cs.petrso.ru, ivashnev@cs.petrso.ru, marahtanov@yandex.ru*

Визуальный контроль является обязательным этапом неразрушающего контроля и часто осуществляется самим сварщиком, что предполагает человеческий фактор и повышает риск пропущенного специалистом брака. Проверять качество сварных соединений критически важно не только для усовершенствования технологических процессов предприятий, но и для безопасной эксплуатации сварных конструкций. Проблему качества сварных соединений предлагается эффективно решить при помощи автоматизированной системы видеоаналитики контроля дефектов сварных соединений, которая позволит своевременно обнаруживать дефекты в шве и их классифицировать

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, компьютерное зрение, видеоаналитика, обнаружение дефектов сварных соединений.

## AUTOMATED VIDEO ANALYTICS SYSTEM FOR WELDING DEFECT DETECTION

© Pavlov M. P., Rybin E. I., Ivashnev K. R., Marakhtanov A. G.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

Visual inspection is a necessary stage of non-destructive testing and is often carried out by the welder himself, which implies human error and increases the risk of missed defects. Checking the quality of welded joints is critical not only for the improvement of technological processes of enterprises, but also for the safe operation of welded structures. The problem of welded joints quality is proposed to be effectively solved with the help of an automated system of video analytics of welding defects control, which will allow timely detection of defects in the weld and their classification.

**Key words:** artificial intelligence, computer vision, video analytics, weld defect detection.

Контроль поверхностных дефектов сварных соединений является важной производственной необходимостью из-за их распространенности и частой встречаемости на практике в современных производственных процессах, а также потенциальных последствий для качества и безопасности продукции. В результате анализа существующих наборов данных и консультации с представителя промышленности в данной области были отобраны наиболее релевантные классы дефектов сварных соединений:

- adj – прилегающие дефекты (брызги, прожоги от дуги);
- int – дефекты целостности (кратер, шлак, свищ, пора, прожог, включения);
- geo – дефекты геометрии (подрез, непровар, наплыв, чешуйчатость, западание, неравномерность);
- rgo – дефекты постобработки (заусенец, торец, задира, забоина);
- pop – дефекты невыполнения (незаполнение раковины, несплавление).

Для сбора и аннотирования набора данных дефектов сварных соединений использовались данные из открытых источников (хакатона AtomicHack 2.0 [2]), а также реальные производственные изображения. Собранный набор дефектов сварных соединений состоит из 2153 изображений, на каждом из которых в среднем отмечены 3,5 дефекта.

В результате анализа имеющихся решений было выявлено, что многие из них либо жертвуют скоростью обработки данных в пользу точности [3; 4], либо требуют значительных вычислительных ресурсов [5; 6]. Для обеспечения высокой точности с сохранением скорости обнаружения в режиме ре-

ального времени разработан алгоритм (рис. 1) обнаружения дефектов сварных соединений и их классификации, основанный на использовании нейронных сетей глубокого обучения с одним проходом по изображению. Разработанный алгоритм состоит из 5 основных шагов и полностью описывает весь путь от исходного изображения шва до изображения с отмеченными найденными дефектами на нём.

В настоящее время существует множество решений задачи обнаружения объектов. И методы, основанные на глубоком обучении, показывают одни из лучших результатов. Среди этих методов модели YOLO (You Only Look Once) завоевали значительное внимание благодаря высокой точности и скорости [7; 8]. В качестве ранних экспериментов для решения задачи нахождения дефектов сварных соединений и их классификации была выбрана нейронная сеть YOLOv8 nano. По результатам сравнения на собранном наборе данных и имеющихся вычислительных мощностях она обладает лучшим соотношением точности и скорости по сравнению с YOLOv9 и YOLOv10 подходами.



**Рис. 1. Алгоритм-процедура обнаружения дефектов сварных соединений и их классификации**

Промышленные панельные компьютеры, используемые в различных отраслях, в последнее время все чаще начинают применять для задач интеллектуального анализа данных. Они компактные, экономичные и надежные, а также имеют низкий уровень энергопотребления и тепловыделения. Однако, эти качества часто противоречат требованиям нейронных сетей, требующим значительных вычислительных ресурсов. В частности, при решении задачи обнаружения дефектов сварных соединений в проекте используется промышленный панельный безвентиляторный компьютер RePC-PCS150T, обладающий следующими характеристиками: процессор Intel i3-1115G4; 16 Гб оперативной памяти DDR4; 256 Гб SATA SSD M2; 20 Вт на питание всего панельного компьютера.

Для оптимизации работы нейронной сети на промышленном панельном компьютере использовались библиотеки onnxruntime и фреймворка OpenVINO. С помощью инструментов каждого из них выполнено квантование вычислений после обучения из типа данных float32 в int8, а также ряд операций по оптимизации размера модели (knowledge distillation и pruning). Экспериментальные результаты показали, что разработанная система видеоаналитики контроля дефектов сварных соединений на основе нейронных сетей глубокого обучения обеспечивает высокую точность и скорость обнаружения дефектов сварных соединений в режиме реального времени (Таблица 1). Использование промышленного панельного компьютера RePC-PCS150T позволяет реализовать систему в промышленной среде без больших требований к вычислительным ресурсам.

Таблица 1

**Сравнение точности, производительности и требуемых ресурсов нейронной сети обнаружения дефектов сварных соединений до и после оптимизации**

Параметр сравнения	Показатели до оптимизации	Показатели после применения onnxruntime с типом int8	Показатели после применения OpenVINO с типом int8
Среднее время на обработку одного изображения, ms	602,6	252,03	190,97
Среднее количество обработанных кадров в секунду	1,66	3,97	5,24
Средний объем используемой оперативной памяти, МБ	753,14	481,55	360,84
Точность обнаружения и классификации дефектов, mAP-50	0,83	0,79	0,78

Разработанная система видеоаналитики контроля дефектов сварных соединений может быть применена в различных отраслях промышленности, где требуется высокая точность и скорость контроля качества сварных соединений. В частности, она может быть полезна в авиастроении, автомобилестроении и строительстве, где качество сварных соединений играет решающую роль в обеспечении безопасности и надежности конструкций. Кроме того, система может быть использована для обучения и повышения квалификации персонала предприятий. Благодаря своей гибкости и адаптивности, система может быть интегрирована в существующие производственные процессы и использована для обучения новых профессиональных кадров.

*Исследования, описанные в данной работе, были проведены в рамках проекта «Разработка автоматизированной системы видеоаналитики контроля дефектов сварных соединений», поддержанного в рамках Программы поддержки НИОКР студентов, аспирантов и лиц, имеющих ученую степень, обеспечивающих значительный вклад в инновационное развитие отраслей экономики и социальной сферы Республики Карелия, в 2024 году, финансируемой Правительством Республики Карелия (Договор №3-Г24 от 20.03.2024 между ФГБОУ ВО «Петрозаводский государственный университет» и Фондом венчурных инвестиций Республики Карелия).*

### Библиографический список

1. Визуально-измерительный контроль (ВИК) сварных соединений // Ironcon-Lab. URL: <https://ironconlab.ru/articles/vizualno-izmeritelnyj-kontrol-svarnyh-soedinenij/> (дата обращения: 10.11.2024).
2. Информация о хакатоне Атомик Хак 2.0 / [Электронный ресурс] // Атомик Хак 2.0. URL: <https://atomichack.ru/> (дата обращения: 16.09.2024).
3. Ravichandiran P. K., Ramachandran D., Jegadeeshwaran R. «Welding defect identification with machine vision system using machine learning», Journal of Physics: Conference Series, vol. 1716, 12 2020.
4. Almasoudi F. M. «Enhancing power grid resilience through real-time fault detection and remediation using advanced hybrid machine learning models», Sustainability, vol. 15, p. 8348, 2023.
5. Sassi P., Tripicchio P., Avizzano C. A. «A smart monitoring system for automatic welding defect detection», IEEE Transactions on Industrial Electronics, vol. 66, no. 12, pp. 9641–9650, 2019.
6. Mehta M. «Aff-yolo: A real-time industrial defect detection method based on attention mechanism and feature fusion», 2022, preprint (Version 1) available at Research Square.
7. Jiang P., Ergu D., Liu F., Cai Y., Ma B. «A review of yolo algorithm developments», The 8th International Conference on Information Technology and Quantitative Management (ITQM 2020 & 2021): Developing Global Digital Economy after COVID-19, vol. 199, pp. 1066–1073, 2022.
8. Viswanatha V., Chandana R. K. «Real time object detection system with yolo and cnn models: A review», arXiv, 2022.

## ОБЗОР МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ ТЕКСТОВ ПРИ ПОМОЩИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ

© Парамонова С. С., Семёнов А. В.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

[paramonova\\_sofya@mail.ru](mailto:paramonova_sofya@mail.ru)

В докладе представлен обзор существующих методов распознавания рукописного текста. Рассматриваются этапы предварительной обработки изображений рукописных документов, включая приведение к одноканальному, полутонному представлению, удалению дефектов и сегментацию символов. Представлены результаты тестирования различных моделей для распознавания рукописи, а также оценка их эффективности посредством использования метрик точности.

**Ключевые слова:** машинное обучение, нейронная сеть, предобработка, дата-сет, распознавание, изображение, рукопись.

## AN OVERVIEW OF MANUSCRIPTS RECOGNITION METHODS USING MACHINE LEARNING

© Paramonova S. S., Semenov A. V.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The report provides an overview of existing methods for handwritten text recognition. The stages of preliminary processing of handwritten document images are considered, including conversion to a single-channel, grayscale representation, defect removal, and character segmentation. The results of testing various models for handwriting recognition are presented, along with an assessment of their effectiveness using accuracy metrics.

**Key words:** machine learning, neural network, preprocessing, data setting, recognition, image, manuscript.

В настоящее время одной из наиболее актуальных задач, стоящих перед исследователями и разработчиками, является распознавание рукописного текста, которое находит широкое применение в различных сферах. Рукописный текст, в отличие от печатного, обладает высокой вариативностью и индивидуальностью, что делает его распознавание сложной задачей. Тем не менее, благодаря развитию методов машинного обучения и машинного зрения, наблюдается значительный прогресс в этой области. В данной работе представлен обзор основных методов и алгоритмов, используемых для распознавания рукописного текста.

На предварительном этапе, как правило, если в модели не реализована предобработка изображения, применяют следующие методы [1]:

1. Приведение исходного изображения с рукописным текстом к одноканальному, полутоновому представлению (в градациях серого).
2. Удаление дефектов.
3. Сегментация изображения (выделение отдельных строк, символов или слов из изображения).

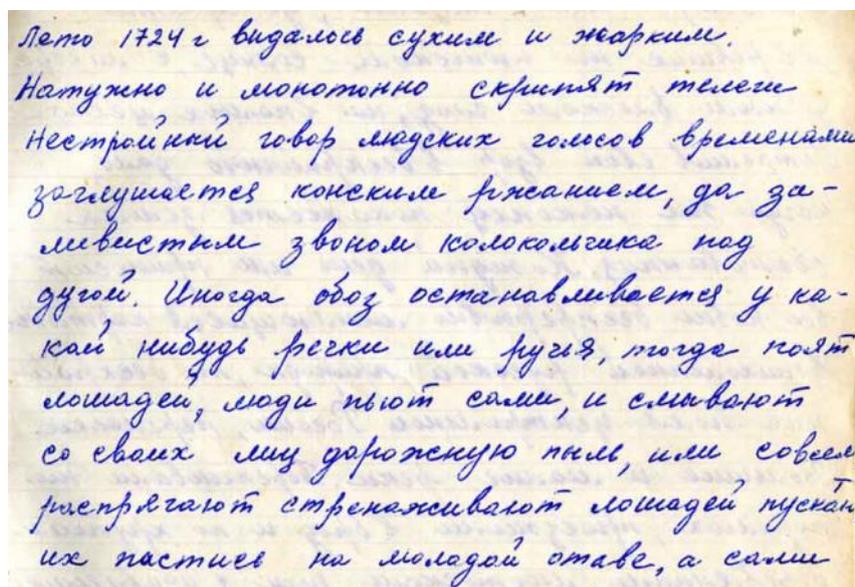


Рис. 1. Исходный вариант рукописи Марии Сосновских [2]



Рис. 2. Преобработка текста исходной рукописи [3]

Среди наиболее распространенных и существующих методов решения задачи распознавания рукописного текста можно выделить следующие:

1. **SHIFT OCR**[4] – библиотека для сегментации рукописного текста и распознавания символов. Система имеет архитектуру Transformers [5], сегментация текста производится с помощью нейросети YOLO 5 [6]. В результате тестирования (рисунок 3), модель показала хорошую точность распознавания без предварительного обучения.

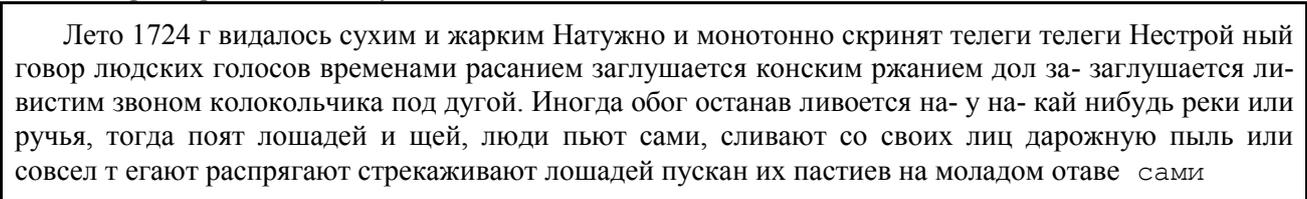


Рис. 3. Результат распознавания рукописи Марии Сосновских[2] методом SHIFT OCR

2. **EasyOCR**[7] – метод использует глубокие нейронные сети для распознавания текста, сочетая сверточные и рекуррентные нейронные сети (CRNN) [8] и механизм внимания, чтобы справляться с различными шрифтами и стилями, включая рукописный текст. EasyOCR обучен на большом количестве данных с использованием комбинации Convolutional Neural Networks (CNN) [9] для извлечения признаков и Recurrent Neural Networks (RNN) [10] для последовательного анализа текста, что позволяет достигать высокой точности при распознавании текста разных языков, однако, тестирование показало, что модель требует обучения на собственных данных. Результат распознавания представлен на рисунке 4. На каждой строчке вывод распознанного слова в результате сегментации текста и вероятность.

<p>Текст: Леп (Вероятность: 0.29)                  Текст: 7+2Ч &gt; (Вероятность: 0.53)                  Текст: 6094.ъ 4 (Вероятность: 0.27)                  Текст: &amp;,%% &amp; (Вероятность: 0.28)                  Текст: (6 (Вероятность: 0.10)                  Текст: 340/2&amp; , (Вероятность: 0.11)                  Текст: %схо (Вероятность: 0.11)                  Текст: (&amp;; (Вероятность: 0.11)                  Текст: ч0к2/1кто (Вероятность: 0.12)                  Текст: @/ис42 6 (Вероятность: 0.10)                  Текст: 7220.224 (Вероятность: 0.27)                  Текст: Неж и[e&amp; {4x (Вероятность: 0.18)</p>	<p>Текст: 20* (Вероятность: 0.12)                  Текст: %} ~9чсят (Вероятность: 0.08)                  Текст: 24:246 0 0 (Вероятность: 0.28)                  Текст: 6,&amp;ы &amp;м" (Вероятность: 0.08)                  Текст: 3+2 1 &amp; P &amp; (Вероятность: 0.18)                  Текст: [o1&amp; [eye (Вероятность: 0.04)                  Текст: [~%ь@-#ле , 9M (Вероятность: 0.22)                  Текст: ~ы (Вероятность: 0.16)                  Текст: {ж@#*л (Вероятность: 0.02)                  Текст: [CP :10 €2 цеще2 (Вероятность: 0.12)                  Текст: и (Вероятность: 0.36)                  Текст: 9фъж&amp; . (Вероятность: 0.11)</p>
---	---

Рис. 4. Результат распознавания рукописи Марии Сосновских [2] методом EasyOCR

3. **Модель НТР** [11] – модель с архитектурой сверточной рекуррентной нейронной сети с 7 298 263 параметрами по алгоритму CTC (Connectionist Temporal Classification) [12]. Результат распознавания (рисунок 5) показал среднюю точность, можно увидеть четко распознанные слова, в каких-то словах правильно распознаны некоторые буквы.

Лето лЗуК выдалось сухим и жазгкили Накучино, я и молотонно скринят телегь нестрайный човор садских чальсов временали загушается коноким дижанием, я да за и мивистым звуком Колокольчика под дугой, Иногда доз Останавмиовется у ка как нибудь дегки сели русья, я Могда паяе Ломаден р люди Жвсой сами я и смовают со своих му дорожкуую пыем мли совсем я Я т Унепречают стр снаяснвакют ложадень тускам я их Жастиев ни молодой отове, с самик

**Рис. 5. Результат распознавания рукописи Марии Сосновских [2] с помощью Модели НТР**

4. **PaddleOCR** [13] – библиотека для оптического распознавания текста, разработанная на основе PaddlePaddle [14], которая является многофункциональной глубинной обучающей платформой. PaddleOCR использует несколько архитектур нейронных сетей для различных задач OCR, включая:

- **CRNN (Convolutional Recurrent Neural Network)**: эта архитектура объединяет сверточные сети (CNN) для извлечения признаков из входных изображений и рекуррентные нейронные сети (RNN) для обработки последовательностей;
- **Text Detection Networks**: для обнаружения текста в изображениях PaddleOCR использует различные модели. Например, в большинстве случаев используется сеть, основанная на EAST (Efficient and Accurate Scene Text Detector) [15], которая эффективно обнаруживает текстовые области;
- **Recognition Networks**: для распознавания текста в найденных текстовых областях PaddleOCR может использовать различные модели, такие как Transformer и Attention-Mechanisms [16], которые помогают улучшить качество распознавания, особенно для сложных текстов, таких как рукописные.

Однако тестирование показало, что модель требует обучения на собственных данных. На каждой строчке вывод распознанного слова в результате сегментации текста и вероятность. Результат распознавания представлен на рисунке 6.

Text: Bu geri, Confidence: 0.58	Text: Ayrst., Confidence: 0.59
Text: Ле, Confidence: 0.86	Text: ., Confidence: 0.65
Text: I, Confidence: 0.62	Text: Cas?, Confidence: 0.85
Text: Cxylsit., Confidence: 0.94	Text: lli., Confidence: 0.66
Text: I., Confidence: 0.78	Text: Yyesg., Confidence: 0.50
Text: mpeiisit, Confidence: 0.54	Text: lo, Confidence: 0.60
Text: Но my kh., Confidence: 0.65	Text: Nliosd., Confidence: 0.71
Text: It., Confidence: 0.85	Text: Схиш, Confidence: 0.56
Text: нчн, Confidence: 0.67	Text: Lги., Confidence: 0.64
Text: Cthhs?s, Confidence: 0.51	Text: Lc, Confidence: 0.60
Text: tsceit., Confidence: 0.69	Text: Crluir ilsws., Confidence: 0.51
Text: вр, Confidence: 1.00	Text: евих, Confidence: 0.80
Text: Неч mft, Confidence: 0.55	Text: иц, Confidence: 0.59
Text: гжх, Confidence: 0.73	Text: furcryю, Confidence: 0.53
Text: Ysisissisui, Confidence: 0.67	Text: Cohe., Confidence: 0.64
Text: с., Confidence: 0.57	Text: Fuenp., Confidence: 0.64
Text: Roicot., Confidence: 0.60	Text: o lag e, Confidence: 0.64
Text: Iuiriyuestmc?, Confidence: 0.78	Text: mafe., Confidence: 0.55
Text: Icoplt'kii-sie., Confidence: 0.73	Text: Ic., Confidence: 0.56
Text: ricakuesil., Confidence: 0.70	Text: iitchtt, Confidence: 0.63
Text: u disc miesit., Confidence: 0.77	Text: Ct., Confidence: 0.80
Text: Icsioto.tf alet?, Confidence: 0.61	Text: Ctiriist., Confidence: 0.63

**Рис. 6. Результат распознавания рукописи Марии Сосновских [2] методом PaddleOCR**

5. **Tesseract [17]** – представляет собой систему распознавания текста, которая изначально была основана на методах компьютерного зрения, включая сегментацию и эвристики, а в последующих версиях стала использовать нейронные сети. В версии 4.0 Tesseract интегрировал Long Short-Term Memory (LSTM) [18] нейронной сетью для последовательного распознавания символов, что позволяет ему лучше справляться с различными стилями шрифтов и даже с некоторыми формами рукописного текста, однако, тестирование показало, что правильно распознаны только некоторые буквы в словах, поэтому модель требует обучения на собственных данных. Результат распознавания представлен на рисунке 7.

Лет /#РЧ в биралеоев диекае 4е вари», Иеетну менее 2 бегите вефиекий ИТ рее тее Нее прое 2242 своеуевиеко грее «ееевичае те ое ие. Демелеемье ве., 4 дее-  
 ,,ее еее роде 2 Феномь ребре све. 227 24224. Ако са- 28; ратио арейьерие \$ де, -И  
 Кое миру ем еде 728, горе Иер Г оля ем, среди ифой @аеае, др бир,©2 еолах, овен роретенее еее, древе роде роет ль втдеретове еее обойиа уе леваое. Иер И рева урн Ра-е., до Феи

**Рис. 7. Результат распознавания рукописи Марии Сосновских [2] методом Tesseract**

Ниже представлены метрики точности (ACCuracy) – доля правильных ответов алгоритмов (таблица 1).

Таблица 1

**Метрики точности (ACCuracy)**

Модель	ACC
<b>SHIFT OCR</b>	0.74
<b>EasyOCR</b>	0.23
<b>Модель HTR</b>	0.55
<b>PaddleOCR</b>	0.12
<b>Tesseract</b>	0.22

Таким образом, среди рассмотренных моделей, **SHIFT OCR** показал наибольший показатель метрики точности. Остальные модели требуют предварительного обучения и, вероятнее всего, более высокое качество изображения рукописи.

### Библиографический список

1. Басанько А. С., Белов Ю. С. Основные методы обработки изображений при оффлайн-распознавании рукописного текста // Научное обозрение. Технические науки. 2018. № 3. С. 5–8. URL: <https://science-engineering.ru/ru/article/view?id=1184>
2. Мария Сосновских Писатель, ветеран Великой Отечественной войны. Рукописи [Электронный ресурс]. URL: <https://sosnovskih.ru/manuscripts/>
3. Free photoshop.Online [Электронный ресурс]. URL: <https://freephotoshop.online/>
4. shiftlab\_ocr [Электронный ресурс]. URL: [https://github.com/konverner/shiftlab\\_ocr](https://github.com/konverner/shiftlab_ocr)
5. transformers [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/huggingface/transformers>
6. YOLOV5 [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/ultralytics/yolov5>
7. EasyOCR [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/JaidedAI/EasyOCR>
8. CRNN (Convolutional Recurrent Neural Network) [Электронный ресурс]. URL: [https://under-sky-ai.ru/post/crnn\\_na\\_osnove\\_bloga\\_bestrivern\\_i\\_sobstvennogo\\_ponimaniya](https://under-sky-ai.ru/post/crnn_na_osnove_bloga_bestrivern_i_sobstvennogo_ponimaniya)
9. Convolutional Neural Networks (CNN) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaggle.com/code/kanncaal/convolutional-neural-network-cnn-tutorial>
10. Recurrent Neural Networks (RNN) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaggle.com/code/kcsener/8-recurrent-neural-network-rnn-tutorial>
11. htr [Электронный ресурс]. URL: <https://gitflic.ru/project/anvot/htr>
12. CTC (Connectionist Temporal Classification) [Электронный ресурс]. URL: <https://www.geeksforgeeks.org/connectionist-temporal-classification/>
13. PaddleOCR [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/PaddlePaddle/PaddleOCR>
14. Paddle [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/PaddlePaddle/Paddle>
15. EAST (Efficient and Accurate Scene Text Detector) [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/foamliu/EAST>

16. Attention-Mechanisms [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaggle.com/code/shaunak1105/attention-mechanism-fully-explained-part-1>
17. Tesseract OCR [Электронный ресурс]. URL: <https://github.com/tesseract-ocr/tesseract>
18. Long Short-Term Memory (LSTM) [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/wunderfund/articles/331310/>

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ, СОВМЕСТИМЫХ С ARDUINO, В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ «МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА»

© Платонов А. А.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

*platonovaa@petrsu.ru*

В статье рассматривается возможность использования совместимых с Arduino датчиков, которые позволяют оценить некоторые биологические (физиологические) параметры тела человека, при разработке работ лабораторного практикума по дисциплине «Медицинская электроника и измерительные преобразователи» для студентов, обучающихся по направлению «Медицинская физика».

**Ключевые слова:** arduino, медицинская физика, биометрия, медицинские преобразователи и датчики, цифровые технологии в образовании.

## THE USE OF ARDUINO-COMPATIBLE BIOMETRIC SENSORS IN A LABORATORY WORKSHOP FOR STUDENTS IN THE FIELD OF «MEDICAL PHYSICS»

© Platonov A. A.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The article considers the possibility of using Arduino-compatible sensors that allow you to evaluate some biological (physiological) parameters of the human body, while developing the work of a laboratory workshop on the discipline «Medical Electronics and measuring transducers» for students studying in the field of «Medical Physics».

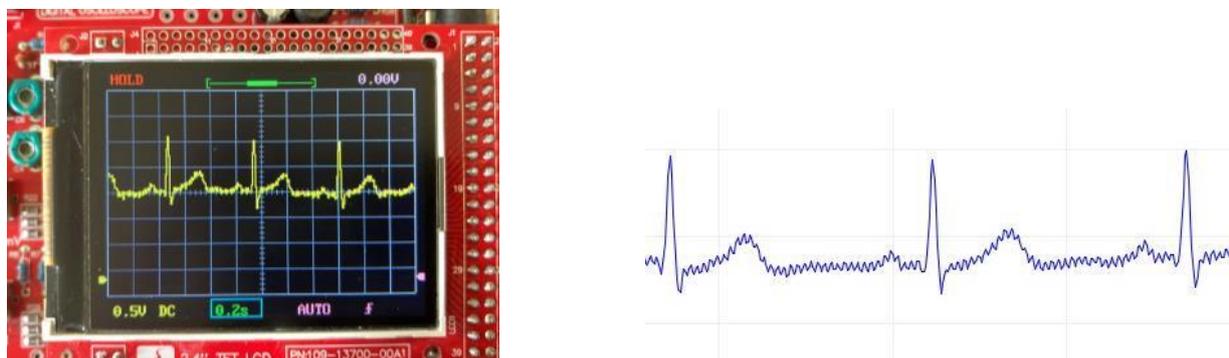
**Key words:** arduino, medical physics, biometrics, medical transducers and sensors, digital technologies in education.

Мировая практика естественнонаучных исследований показывает, что измерение физических величин все шире использует принципы оцифровывания аналоговых сигналов, внедрение датчиков и компьютерную обработку полученной информации. Цифровизация медицины, появление сложных медицинских диагностических и терапевтических приборов привели к необходимости наличия в организациях здравоохранения специалистов в области медицинской физики. Знакомство будущих медицинских физиков с различными медицинскими приборами, их устройством, принципом действия необходимая часть учебного процесса. На базе физико-технического института ПетрГУ 2023 года ведется подготовка бакалавров по направлению «Медицинская физика». Одна из дисциплин учебного плана – «Медицинская электроника и измерительные преобразователи». И тут не обойтись без лабораторного практикума. При этом для студентов, несомненно, будет полезно не только познакомиться с работой настоящих медицинских приборов, но и попробовать себя в разработке несложных устройств, которые можно использовать для получения данных о состоянии человека. Частично эту потребность можно решить с использованием широко известной и применяемой в учебном процессе (в школах, вузах и пр.) микроконтроллерной платформы Arduino. С помощью нее можно создавать устройства, которые применимы в околемецидинской или фитнес тематике.

Для этих целей различные производители разработали и выпускают преобразователи и датчики, которые позволяют оценить некоторые физиологические и биологические параметры тела человека

[3]. Это датчики и сканеры отпечатков пальцев, различные датчики пульса, модуль кожно-гальванической реакции, датчик мышечных сокращений, датчик концентрации спирта в воздухе, датчик для регистрации ЭКГ, уровня кислорода в крови и др.

Один из интересных – модуль ЭКГ на базе микросхемы AD8232. Анализируя сигналы ЭКГ можно диагностировать заболевания сердца на ранних стадиях и предотвратить их развитие. Поэтому знакомство будущих медицинских физиков с физическими основами кардиографии, несомненно, будет полезным. Тем более, что этот процесс можно сочетать с компьютерной обработкой получаемых при снятии ЭКГ медицинских данных. Микросхема AD8232 [1] предназначена для регистрации сигнала ЭКГ или других биопотенциалов. Включает в себя устройство измерения, усиления биопотенциалов, фильтрации их от шумов вызванных, например, движением и позволяет передавать зарегистрированные данные для последующей визуализации и обработки. Модуль выполнен в виде небольшой платы, на которой организованы точки для организации питания модуля, разъем для подключения электродов (два электрода для непосредственной регистрации биопотенциала и третий для реализации алгоритмов фильтрации шумов), выход данных. Модуль комплектуется проводами со стандартными одноразовыми гелевыми электродами, которые можно заменить, например, на зажимные. В наличии и контроль наложения электродов. Выходной сигнал аналоговый и может быть зарегистрирован различными способами. В простейшем случае с помощью осциллографа. На экране можно получить изображение сигнала и по нему вычислить частоту сердечных сокращений (ЧСС), длительность различных фаз формирования регистрируемого биопотенциала (рис. 1). Более широкие возможности представляются при подключении выходного сигнала модуля к микроконтроллерным платам типа Arduino. Тогда, выходной сигнал можно зарегистрировать в графическом виде, сохранить в виде числовых данных для последующей обработки на ПК по различным алгоритмам (например, построить график Пуанкаре). А если модуль ЭКГ и микроконтроллер (с обработкой получаемых данных непосредственно силами микроконтроллера) дополнить небольшим жидкокристаллическим экраном и организовать автономное питание, то можно получить недорогое портативное устройство для контроля работы сердца. Таким образом, студент сможет познакомиться с физическими основами электрографии и ЭКГ в частности, закрепить знания в схемотехнике, программировании, компьютерной обработке данных.



**Рис. 1. Пример визуализации сигнала ЭКГ зарегистрированного с помощью модуля AD8232 на экране осциллографа (слева) и на экране ПК (справа)**

В настоящее время разрабатываются различные устройства для безманжетного измерения артериального давления (АД), большинство из которых используют фотоплетизмографию (ФПГ) [2]. ФПГ является оптическим методом, который основан на определении изменений объема крови в сосудах в зависимости от фазы кардиоцикла. Методика используется в клинической практике, например, для оценки изменений сосудов при заболеваниях связанных с сосудистой патологией. Измерение АД с помощью метода ФПГ проводится в периферических артериолах пальцев рук. В некоторых исследованиях в качестве основного параметра для безманжетного определения АД рассматривают время прохождения пульсовой волны – время от зубца R на электрокардиограмме (ЭКГ) до определенной точки на ФПГ [4]. Т. е. одновременное измерение ЭКГ и ФПГ позволяет реализовать алгоритм безманжетного определения давления. Представляется, что знакомство студентов с фотоплетизмографией, также будет полезно.

Простой оптический датчик для ФПГ можно изготовить самостоятельно или взять готовый. Производители предлагают разные варианты. Один из простых, так называемый Pulse Sensor. Датчик с тремя контактами – два для питания схемы датчика, третий – выход. К выходу можно подключить осциллограф и наблюдать фотоплетизмограмму на нем, рассчитать частоту сердечных сокращений. Но более интересный вариант – подключать выход датчика к ПК через микроконтроллер вместе рассмотренным выше датчиком биопотенциалов и регистрировать одновременно ЭКГ и ФПГ. Тогда можно помимо определения ЧСС, можно попытаться обработать полученные данные и получить значение АД.

Цифровой датчик пульса на основе MAX30105 (30100, 30102) позволяет измерить ЧСС, получить ФПГ и измерить уровень кислорода в крови (SpO<sub>2</sub>). Информацию датчик передает по протоколу I2C. Принцип действия датчика аналогичен работе пульсоксиметров. Он посылает небольшие пучки света, которые проходят через кровь в пальце и частично поглощаются в насыщенном кислороде или дезоксигенированной крови. Насыщенная кислородом кровь поглощает больше инфракрасного света и пропускает больше красного света, в то время как дезоксигенированная кровь поглощает красный свет и пропускает больше инфракрасного света. Излучаемый свет поглощается насыщенной кислородом кровью, а остальной свет отражается от пальца и попадает на детектор, выходные данные которого затем обрабатываются и считываются через микроконтроллер [5]. Данный датчик позволяет получить на ПК через микроконтроллер или на экране, подключенном к микроконтроллеру, график фотоплетизмограммы и вместе с датчиком ЭКГ также дает возможность реализации алгоритма безманжетного измерения АД.

Существуют совместимые с ардуино модули, позволяющие передавать данные по беспроводным протоколам (BT, Wi-Fi). Это позволяет пользователю передавать данные для обработки не только на ПК, но и на портативные устройства (смартфон, планшет). Соответственно, можно получить опыт разработки мобильных приложений для взаимодействия, в том числе, с приведенными выше датчиками.

Стоимость упомянутых датчиков невысока. Датчики пульса около 100 рублей, датчик ЭКГ – 300–400. Это существенно дешевле, чем готовые кардиографы, фотоплетизмографы. Разумеется, рассмотренные датчики не имеют медицинских сертификатов, данные с них нельзя использовать для постановки диагнозов. Но они позволяют не только познакомиться с некоторыми методами диагностики (получения медицинских данных), но и сочетать это со схемотехникой, программированием (в том числе алгоритмами компьютерной обработки медицинских данных), техническим творчеством. Использование подобных датчиков в процессе обучения медицинских физиков будет иметь определенную пользу.

### Библиографический список

1. AD8232 Single-Lead, Heart Rate Monitor Front End, Data Sheet, pp. 1-28, 2013, [Online]. Available: <https://www.micro-semiconductor.com/datasheet/29-AD8232ACPZ-R7.pdf>
2. Gogiberidze N. A., Sagirova Zh. N., Kuznetsova N. O., Gognieva D. G., Chomakhidze P. Sh., Saner H., Kopylov Ph. Yu. Comparison of cuffless blood pressure measurement using an electrocardiogram monitor with photoplethysmography function with measurement by the Korotkov method: a pilot study. *Sechenov Medical Journal*. 2021; 12(1): 39–49. <https://doi.org/10.47093/2218-7332.2021.12.1.39-49>
3. Датчики биометрических параметров для Arduino. [Электронный ресурс]. URL: <http://digitrode.ru/articles/1523-biometricheskie-datchiki-sovmestimye-s-arduino.html>
4. Гогиберидзе Н. А., Сагирова Ж. Н., Кузнецова Н. О., Гогниева Д. Г., Чомахидзе П. Ш., Санер Х., Копылов Ф. Ю. Безманжетное измерение артериального давления с помощью монитора электрокардиограммы с функцией фотоплетизмографии // *Сеченовский вестник*. 2021. С. 39–49.
5. Подключение цифрового датчика пульса MAX30102 к Arduino. [Электронный ресурс]. URL: <https://robotchip.ru/podklyuchenie-tsifrovogo-datchika-pulsa-max30102-k-arduino/>

## ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ANSIBLE В КОМПЬЮТЕРНЫХ КЛАССАХ ПетрГУ

© Пономарев В. А., Рыбин Е. И.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
vadim@cs.petrSU.ru

Предложено использование системы управления конфигурацией программного обеспечения Ansible в режиме, когда инициатором выполнения сценариев управления конфигурациями является компьютер в классе (pull model). Описаны особенности реализации.

**Ключевые слова:** управление конфигурацией программного обеспечения, Ansible.

## USING THE ANSIBLE SOFTWARE CONFIGURATION MANAGEMENT SYSTEM IN PetrSU COMPUTER CLASSROOMS

© Ponomarev V., Rybin E.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

It is proposed to use the Ansible software configuration management system in the mode when the initiator of the execution of configuration management scripts is a computer in the classroom itself (pull model). The implementation issues are described.

**Key words:** software configuration management system, Ansible.

Для проведения лабораторных работ по ряду учебных дисциплин Института математики и информационных технологий (ИМИТ) Петрозаводского государственного университета (ПетрГУ) используются компьютерные классы. Типовая конфигурация класса – 10–15 персональных компьютеров (ПК), предоставляющих возможность работы в Windows или Linux (выбор предоставляется при загрузке ПК).

Лабораторные работы по учебным дисциплинам кафедры ИМО («Системное программирование», «Компьютерные сети», «Операционные системы и оболочки», «Веб-технологии», «Введение в архитектуру ЭВМ» выполняются в ОС Linux.

Установку и сопровождение ОС Linux на ПК в компьютерных классах осуществляют сотрудники кафедры информатики и математического обеспечения ИМИТ ПетрГУ. На момент написания статьи (осень 2024 г.) в классах было установлено 77 компьютеров. При этом сопровождение ОС Linux осуществляется силами всего двух сотрудников, работающих на долю ставки. Таким образом, актуальной является задача автоматизированного удаленного управления ОС Linux на ПК в классах.

При этом в отличие от традиционной области применения систем управления конфигурациями программного обеспечения (СУ КПО) – серверные ЭВМ или виртуальные машины в облачной среде, ПК в классах не работают непрерывно. Загрузка ОС Linux происходит только во время проведения учебного занятия. В остальное время ПК выключен, либо работает под управлением ОС Windows.

Учитывая вышесказанное, применение традиционной модели управления, когда системный администратор централизованно запускает сценарий настройки, который синхронно выполняется на физических и виртуальных машинах, описанных в настройках сценария (push model), становится невозможным.

Поэтому было предложено использовать СУ КПО Ansible в режиме pull, при котором сценарий запускается непосредственно на управляемом ПК с помощью планировщика заданий (systemd timer в ОС Linux) через случайный промежуток времени после загрузки ОС Linux на ПК для исключения создания пиковой нагрузки на сеть и серверные ЭВМ после одновременного включения всех ПК в момент начала учебного занятия.

Для снижения нагрузки на сеть, которую создают ПК компьютерных классов при установке обновлений ОС, используется кэширующий прокси, запущенный на серверной ЭВМ ИМИТ ПетрГУ. Это позволяет уменьшить внешний трафик и ускорить установку обновлений.

После запуска сценарий управления конфигурацией синхронизирует локальное описание конфигурации с централизованным, хранящимся в git-репозитории на сервере GitLab ИМИТ ПетрГУ и приводит конфигурацию локального ПК в соответствие с обновленным описанием.

Предложенная схема была реализована осенью 2024 г. и позволяет управлять конфигурацией программного обеспечения (например, добавлять пакеты для установки на ПК) с минимальными трудозатратами.

#### Библиографический список

1. Getting started with Ansible Режим доступа: [https://docs.ansible.com/ansible/latest/getting\\_started/index.html](https://docs.ansible.com/ansible/latest/getting_started/index.html)
2. Ansible-pull-example Режим доступа: <https://github.com/jktr/ansible-pull-example>

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОГО МУЗЕЯ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ ПетрГУ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ОБНОВЛЕНИЯ СИСТЕМНОЙ СРЕДЫ

© Рёвин Е. С., Богоявленский Ю. А.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[reowin@yandex.ru](mailto:reowin@yandex.ru)

Доклад посвящен очередному этапу модернизации виртуального музея прикладной математики и информатики ПетрГУ. Представлен процесс разработки, модернизация клиент-серверной архитектуры, внедрение программных инструментов искусственного интеллекта, проблемы и решения при переходе на текущую версию базового каркаса проекта Django 4.1.0, новые возможности системы, текущее состояние и дальнейшие планы, а также примеры экспонатов музея.

**Ключевые слова:** виртуальный музей, экспонат, искусственный интеллект, Django 4.1.0.

## MODERNIZATION OF THE INFORMATION SYSTEM OF THE VIRTUAL MUSEUM OF APPLIED MATHEMATICS AND COMPUTER SCIENCE OF PetrSU THROUGH THE USE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND UPDATING THE SYSTEM ENVIRONMENT

© Ryovin E., Bogoiavlenskii Yu. A.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The report is devoted to the next stage of modernization of the virtual Museum of Applied Mathematics and Computer Science of PetrSU. The development process, modernization of the client-server architecture, implementation of artificial intelligence software tools, problems and solutions when switching to the current version of the Django 4.1.0 basic framework, new system features, current status and future plans, as well as examples of museum exhibits are presented.

**Key words:** virtual museum, exhibit, artificial intelligence, Django 4.1.0.

#### Введение

Доклад посвящен дальнейшей разработке и совершенствованию информационной системы виртуального музея прикладной математики и информатики ПетрГУ. Работа над музеем ведется на протяжении нескольких лет, и включает в себя его наполнение и последовательное углубление в аспекты современных технологий, в том числе искусственного интеллекта, для расширения функциональности виртуального музейного пространства. В рамках данной темы уже проведена значимая работа: в выпускных квалификационных работах бакалавра и магистра [1] и [2] представлены версии системы, которые заложили основу структуры виртуального музея и продемонстрировали его потенциал как

образовательной и культурной платформы. Кроме того, на конференции в 2022 году был представлен доклад [3], обобщающий результаты предыдущих этапов и показывающий дальнейшие направления развития.

Этот процесс требует не только внимательного анализа современных трендов в области виртуализации музейного опыта, но и интеграции новейших информационных технологий для создания более глубокого и увлекательного взаимодействия с посетителями.

Такой подход не только позволит более полно раскрыть научные и культурные аспекты прикладной математики и информатики, но и подчеркнет важность использования современных технологий для обогащения образовательного процесса.

Целью данной работы является развитие информационной системы виртуального музея прикладной математики и информатики ПетрГУ.

Виртуальный музей – интерактивный мультимедийный программный продукт, представляющий музейные коллекции в электронном виде.

Основными понятиями в предметной области виртуального музея являются залы и экспонаты. В веб-ресурсе виртуального музея планируется представить множество залов, которые будут представлены в виде плиточного интерфейса. Каждый зал направлен на определенную тематику и может быть наполнен другими «подзалами» и экспонатами. Экспонаты, в свою очередь, могут быть представлены в электронном виде, например, текста, фото, видео, аудио и т. д.

### **Модернизация архитектуры**

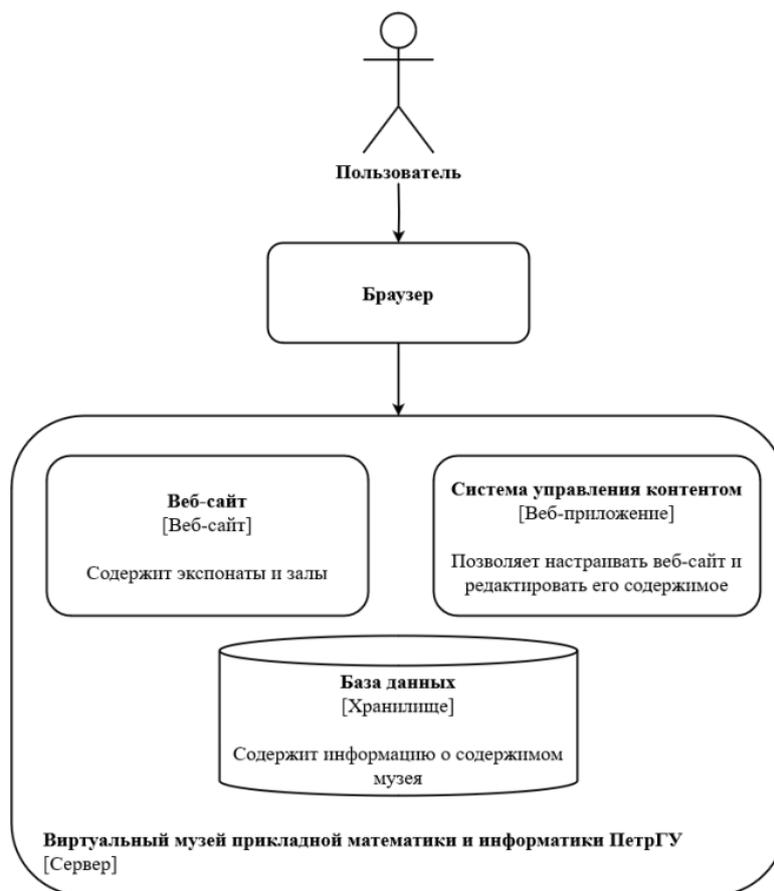
Изначально клиент-серверная архитектура была организована с двумя основными компонентами: сервер, обрабатывающий запросы пользователей, и система управления контентом (CMS), через которую можно было изменять содержимое сайта и управлять настройками. После модернизации архитектура проекта стала более комплексной и четко структурированной:

1. Центральный серверный компонент: теперь весь серверный функционал реализован на базе Django и представлен в виде единого модуля. Он обрабатывает запросы от браузера, управляет данными и контролирует доступ к системе управления контентом, что значительно упрощает управление проектом и повышает производительность.

2. Три основные сущности внутри сервера:

- Веб-сайт – компонент, отвечающий за отображение страниц, залов и экспонатов музея. Он формирует визуальную часть приложения, доступную пользователям через браузер.
- Система управления контентом (CMS) – административная панель Django, позволяющая администраторам и редакторам редактировать содержимое сайта, управлять его структурой и настраивать параметры.
- База данных – отдельная сущность, которая хранит всю информацию о содержимом музея, включая данные об экспонатах, залах и пользователях. CMS взаимодействует с базой данных для управления контентом.

3. Пользовательский интерфейс через браузер: теперь пользователь взаимодействует с приложением через браузер, который отправляет запросы на сервер, обрабатываемые Django. Такой подход обеспечивает четкое разграничение между фронтендом (браузером) и бэкендом (сервером).



### *Клиент-серверная архитектура*

#### **Внедрение программных инструментов искусственного интеллекта**

Для расширения функционала веб-ресурса была рассмотрена и реализована идея генерации краткого содержания статей внутри залов с помощью искусственного интеллекта. Это нововведение позволяет автоматически создавать сводки и описания к каждой статье, облегчая восприятие информации пользователям. С помощью данной технологии искусственный интеллект анализирует длинные тексты, выделяя ключевые моменты и предоставляя посетителям музея удобный и быстрый доступ к основному содержанию материалов.

После анализа и тестирования нескольких нейросетей для генерации краткого содержания, была выбрана нейросеть YandexGPT. Для внедрения нейросети в виртуальный музей у данного сервиса используется возможность подключения по API. Для этого был разработан функционал, который отправляет запрос к сервису и получает ответ в формате json файла. После этого из файла извлекается необходимая информация и добавляется на страницу со статьей.

На страницы залов была добавлена кнопка «Краткое содержание», при нажатии на которую происходит запрос и отображение краткого содержания статьи в виде списка из множества пунктов.

На момент внедрения данного функционала используемая нейросеть могла принимать ограниченное количество символов равное 30 000. Так как технологии не стоят на месте и стремительно развиваются, нейросеть расширила ограничение по количеству символов для генерации краткого содержания. На текущий момент она принимает до 3 000 000 символов, что является отличным показателем для ее использования в данной работе. После такого обновления нейросети была исключена необходимость в разработке функционала, который передавал бы текст статьи размером более 30 000 символов в несколько запросов, а потом соединял бы ответы в одно полноценное краткое содержание.

#### **Проблемы и их решения при переходе на текущую версию базового каркаса проекта Django 4.1.0**

Данная работа реализуется с использованием следующих методов и инструментов:

1. Языки программирования: Python, JavaScript.
2. Программный каркас и система управления контентом: Django и Django CMS.
3. Базы данных: SQLite.

#### 4. Системы контроля версий: Git (с использованием GitLab для управления проектом).

Проект изначально был разработан на версиях каркаса Django 3.1.14 и системе управления контентом Django-cms 3.8.0. После оценки текущих возможностей каркаса и его дальнейшего развития было принято решение о переносе проекта на актуальные версии инструментов Django 4.1.0 и django-cms 4.1.0. Для данного переноса официальная документация каркаса Django рекомендует использовать сторонние утилиты, так как при обновлении на версии 4.x произошли изменения несовместимые с предыдущими версиями, поэтому стандартным способом обновить проект было невозможно.

При попытке использовать сторонние утилиты возникло множество трудностей и несовместимостей, поэтому было принято решение создать новый репозиторий для хранения проекта. В репозитории был собран проект на новой версии каркаса и весь проект был перенесен вручную.

Обновление потребовало пересмотра архитектуры, тестирования и корректировки функциональных требований. Основные изменения включают улучшение безопасности, производительности и стабильности проекта, что позволит системе оставаться актуальной на протяжении долгого времени. Кроме того, в процессе обновления была проведена оценка совместимости существующего кода с новыми версиями Django и Django CMS.

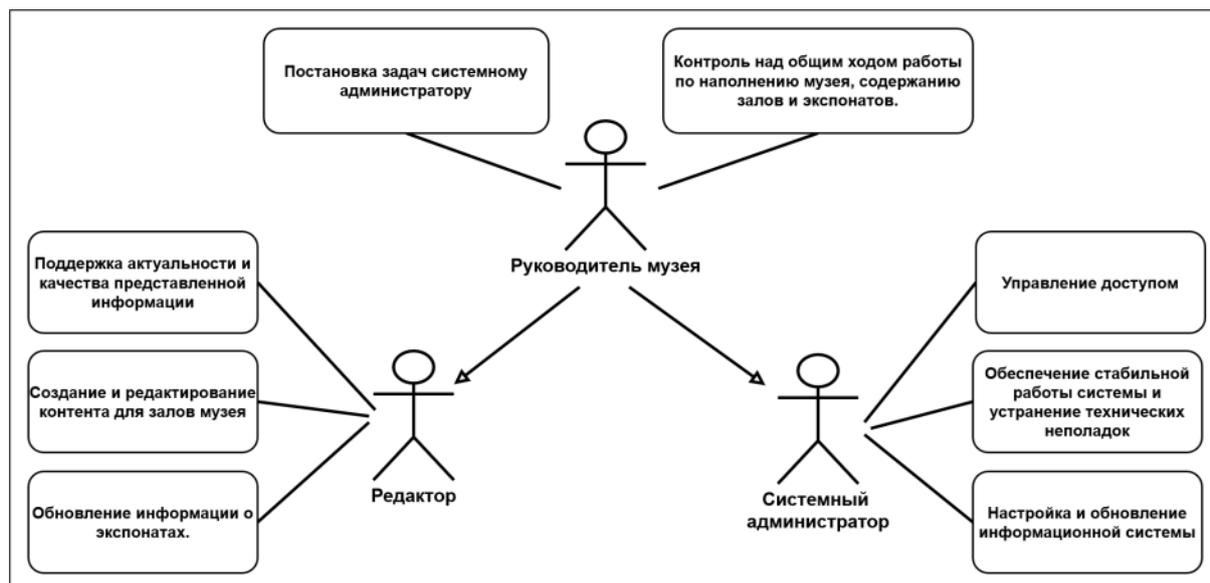
#### Разделение прав пользователей

Также была проведена работа по разделению прав пользователей системы.

В системе предусмотрены 3 вида пользователей:

1. Руководитель виртуального музея
2. Системный администратор
3. Редактор

Ниже представлена диаграмма использования, которая описывает какой функционал разрабатываемой программной системы доступен каждой группе пользователей.



*Диаграмма использования*

Так как в системе должен присутствовать не только руководитель музея, но и редакторы, то необходимо было изучить возможности разделения прав пользователей.

В Django CMS существует система разрешений, которая является гибкой, детализированной и многоуровневой. Руководитель музея имеет возможность создать пользователя и выдать ему определенный набор прав или же создать группу пользователей с определенным набором прав и поместить туда несколько пользователей. При создании пользователя появляется список прав, которые руководитель музея может ему выдать. Для редакторов была создана группа пользователей под названием «editors». Также данной группе были выданы все права, которые необходимы редакторам.

#### Текущее состояние и дальнейшие планы

На данный момент виртуальный музей уже функционирует. Веб-ресурс активно дорабатывается, предлагая посетителям коллекцию материалов, рассказывающих об истории развития прикладной

математики и информатики, значимых научных проектах, а также ключевых сотрудниках, внесших значительный вклад в прикладную математику и информатику.

На веб-ресурсе виртуального музея уже внедрена функциональность, позволяющая пользователям генерировать краткие описания представленных экспонатов, что облегчает восприятие информации и помогает глубже понять суть представленных материалов.

В ближайшее время планируется расширение функционала музея, включая добавление новых залов и экспонатов, которые будут охватывать не только текущие достижения, но и всю историю развития прикладной математики и информатики в ПетрГУ.

Кроме того, планируется оптимизировать взаимодействие с нейросетью, задействованной в обработке и представлении краткого содержания, для создания более точных и содержательных описаний экспонатов. Благодаря этому, виртуальный музей сможет предоставить пользователям ещё более качественный и интересный опыт.

### Примеры экспонатов музея



*Логотип музея: состояние №1*



*Логотип музея: состояние №2*



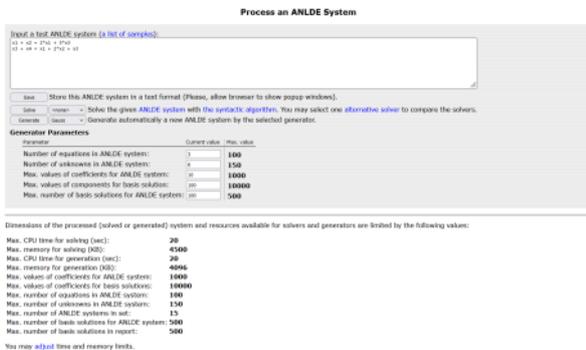
*А. В. Воронин*



*В. А. Кузнецов*



**Архангельский ЦБК**



**Система Web-SynDic**



**Серебряные призы ACM ICPC 2010**



**Студенты и преподаватели летней практики по мобильным приложениям 2009 г.**



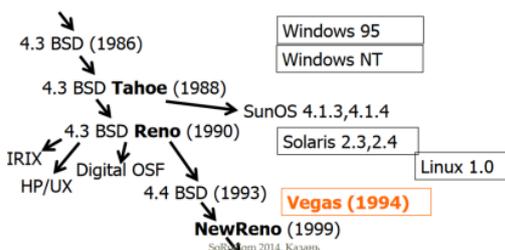
**Менеджеры и создатели команды молодых разработчиков**



**Выпускники магистратуры 2011 г.**

**Дерево версий (S. Low)**

- 4.2 BSD первый общедоступный релиз TCP/IP (1983)



**История TCP: Дерево версий**

**Исследования в СССР**

- НИИ 101 начинает исследования в середине 60-х гг.
- Система обмена данными (СОД) для АСУ 65с1. НИИ АА 1967г.
- Главный конструктор 65с1 В.В. Конашев и И.А. Мизин (заместитель Главного конструктора) принимают решение создавать систему на основе пакетной коммутации.
- Поддержано директором НИИ АА В.С. Семениным и начальником войска связи МО СССР маршалом А.И. Беловым.

SoRuCom 2014, Kazan

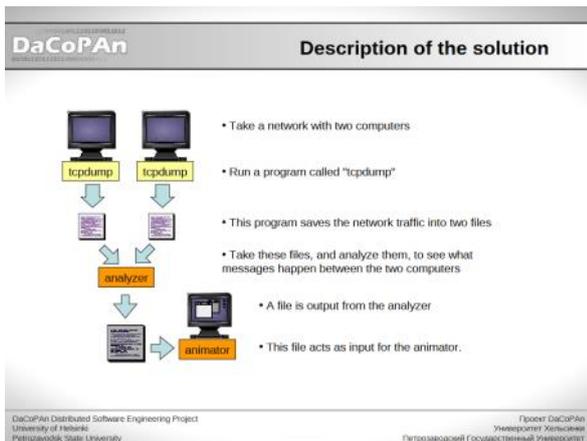
**История TCP: Исследования в СССР**



**Заставка зала: Становление направления «Программная инженерия»**

DaCoPAn		Project team	
<b>Idea</b>			
Timo Alanko		Yury Bogoyavlensky	
<b>Customer</b>			
Markku Kojo			
<b>Supervisors</b>			
Juha Taina		Yury Bogoyavlensky	
<b>Instructors</b>			
Turjo Tuohiniemi		Dmitry Korzun	

**DaCoPAn: Project team**



**DaCoPAn: Description of the solution**



**DaCoPAn: The development team**

**Библиографический список**

1. Система курс [Электронный ресурс] / Е. С. Рёвин. Разработка и развитие информационной системы виртуального музея прикладной математики и информатики ПетрГУ. URL: <https://kappa.cs.petrSU.ru/p/2022/4/22405/revin/final/report/report.pdf?v=4092206> (06.11.2024).
2. Система курс [Электронный ресурс] / В. В. Клименко. Разработка информационной среды для научного музея информатики ПетрГУ. URL: <https://kappa.cs.petrSU.ru/p/2022/6/22605/klimenko/final/report/report.pdf?v=1214961> (06.11.2024).
3. Богоявленский Ю. А. Развитие информационной системы музея информатики и прикладной математики ПетрГУ [Текст] / Ю. А. Богоявленский, В. В. Клименко, М. А. Крышень, Е. С. Рёвин // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе. Материалы XVI всероссийской научно-практической конференции. Петрозаводск, 2022. С. 70–73. Режим доступа: <https://it2022.petrSU.ru/>

**АДАПТАЦИЯ МЕДИАТЕКСТОВ НА НЕМЕЦКОМ ЯЗЫКЕ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИ O1-PREVIEW**

© Рего Е. В., Климкова Н. А.  
 Петрозаводский государственный университет  
 Петрозаводск  
[regoelizaveta@gmail.com](mailto:regoelizaveta@gmail.com), [n.kasyanova@gmail.com](mailto:n.kasyanova@gmail.com)

В условиях цифровизации важным аспектом при изучении иностранных языков остается адаптация учебных материалов под конкретные уровни владения языком. Целью исследования является повышение эффективности адаптации медиатекстов на немецком языке за счет использования модели искусственного интеллекта o1-preview компании OpenAI. Для работы выбраны тексты о спорте из немецких

новостных изданий FAZ и Süddeutsche Zeitung. Адаптация основана на двух видах промптинга – Zero-Shot и Few-Shot Prompting. Тексты были адаптированы для уровней A1, A2 и B1 по шкале CEFR. Полученные версии текстов оцениваются по критериям лексической и грамматической сложности, соответствия тематике и доступности для учащихся. Первичные результаты показали, что модель o1-preview способна генерировать адаптированные тексты, соответствующие международным стандартам. Дальнейшие исследования будут направлены на сравнительный анализ эффективности применения различных видов промптинга для автоматизации адаптации текстов.

**Ключевые слова:** адаптирование текстов, немецкий язык, технологии искусственного интеллекта, o1-preview.

## ADAPTATION OF MEDIA TEXTS IN GERMAN USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES USING THE EXAMPLE OF THE O1-PREVIEW MODEL

© Rego E. V., Klimkova N. A.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

In the context of digitalization, an important aspect in learning foreign languages remains the adaptation of educational materials to specific levels of language proficiency. The aim of the study is to improve the efficiency of adapting media texts in German by using the OpenAI o1-preview artificial intelligence model. Texts about sports from the German news publications FAZ and Süddeutsche Zeitung were selected for the work. The adaptation is based on two types of prompting – Zero-Shot and Few-Shot Prompting. The texts have been adapted for levels A1, A2 and B1 on the CEFR scale. The received versions of the texts are evaluated according to the criteria of lexical and grammatical complexity, relevance to the topic and accessibility for students. The initial results showed that the o1-preview model is capable of generating adapted texts that meet international standards. Further research will be aimed at a comparative analysis of the effectiveness of using various types of prompting to automate the adaptation of texts.

**Key words:** text adaptation, German, artificial intelligence technologies, o1-preview.

### Введение

На сегодняшний день существует множество инструментов, помогающих в освоении лексики иностранного языка, включая онлайн-словари и корпуса параллельных текстов [1]. Один из наиболее эффективных методов изучения лексики – использование адаптированных текстов, так как они не только дают лексические единицы в контексте, но построены с учетом языкового уровня учащихся [2]. Существует множество способов адаптации текстов, например, количественным методом, заключающимся в удалении сложных частей, или качественным, предполагающим замену сложных слов и грамматических конструкций на более простые [3]. Адаптация текста требует больших временных затрат, что обуславливает необходимость поиска эффективных инструментов и методов для автоматизации этого процесса. Целью исследования является повышение эффективности адаптации медиа-текстов на немецком языке за счет использования модели искусственного интеллект o1-preview компании OpenAI.

Для адаптации текстов выбрана тема «Спорт» (Sport), поскольку она актуальна для всех уровней изучения иностранного языка. Тексты отобраны на сайтах <https://www.faz.net/aktuell/> и <https://www.sueddeutsche.de/>. FAZ и SZ имеют высокий уровень качества публикаций. Это находит свое отражение не только в тщательной проверке публикуемого материала, но и его проработке в лингвистическом аспекте: эти медиа не используют leichte Sprache (облегченный язык) и ориентированы на прочтение их текстов носителями языка, то есть читателями, у которых немецкий язык – родной. Адаптация текстов осуществляется с использованием модели искусственного интеллекта o1-preview компании OpenAI. Ключевая сложность, которая возникает практически у любого человека, начинающего работать с чатом на основе технологий искусственного интеллекта – составление правильного запроса (промпта) к нейросети для получения необходимого результата. В нашем случае это промпт для получения текста, адаптированного для нужного языкового уровня. Для адаптации немецких текстов отобрано два вида промптинга: Zero-Shot Prompting и Few-Shot Prompting. При использовании Zero-Shot Prompting запрос не содержит примеров ожидаемого результата, что обусловило самостоятельную адаптацию текста моделью с использованием исключительно исходных дан-

ных. С применением Few-Shot Prompting промпт включает несколько примеров адаптированных текстов, демонстрирующих желаемый формат и уровень сложности.

С помощью модели каждый текст адаптируется до уровней A1, A2 и B1 в соответствии с системой уровней владения европейскими языками, разработанной Советом Европы, Common European Framework of Reference (CEFR).

- **A1:** Понимание и использование простых выражений и предложений для удовлетворения конкретных потребностей.
- **A2:** Понимание часто употребляемых выражений и способность объясняться в простых ситуациях на знакомые темы.
- **B1:** Понимание основных идей на знакомые темы, способность обсуждать личные интересы и события.

В общей сложности отобрано 3 текста, в которых представлены разнообразные спортивные новости, что обеспечивает широкий лексический диапазон. Исходные тексты прошли предварительный отбор на предмет соответствия тематике и уровню сложности. Адаптация текстов осуществлялась с использованием модели o1-preview с применением двух различных способов промптинга. Для каждого исходного текста сформированы три отдельных адаптированных версии, соответствующие уровням владения языком от A1 до B1.

Для оценки адаптированных текстов применялись основные критерии каждого уровня: лексическая и грамматическая сложность, соответствие тематике и доступность для учащихся. Промежуточным результатом исследования стал текст, адаптированный для трех уровней владения иностранным языком с помощью Zero-Shot Prompting. Адаптированные тексты соответствуют критериям, указанным в международных стандартах владения языком и включают в себя необходимую лексику.

В дальнейшем планируется продолжить исследование и провести сравнительный анализ результатов адаптации текстов с помощью разных видов промптинга.

#### Библиографический список

1. Колесниченко А. Н. Применение цифровых технологий при обучении лексике иностранного языка в высшей школе // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2021. Т. 6. № 2. С. 298–303.
2. Поляков О. Г. Культурная адаптация текста в обучении английскому языку как иностранному // Вестник Тамбовского университета. Серия: Гуманитарные науки. 2011. Т. 104. № 12-2. С. 633–635.
3. Хромов С. С. Методика работы с аутентичными материалами Интернет-сайтов при обучении английскому языку / С.С. Хромов, Н.А. Каменева // Интернет-журнал «Науковедение». Т. 7. № 4. (2015). URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/99PVN415.pdf>. DOI: 10.15862/99PVN415.
4. <https://www.faz.net/aktuell/>
5. <https://www.sueddeutsche.de/>

## ОБ АЛГОРИТМАХ АНАЛИЗА ТЕКСТОВЫХ ЗАПРОСОВ ПРИ ЗАКАZE БЛЮД В РЕСТОРАНАХ И КАФЕ

© Романенко Г. М., Москин Н. Д.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[retmug2005@gmail.com](mailto:retmug2005@gmail.com), [moskin@petrsu.ru](mailto:moskin@petrsu.ru)

В данной работе рассматриваются методы анализа текстовых запросов при заказе блюд в ресторанах и кафе для учета индивидуальных предпочтений клиентов. Данная концепция приложения позволяет клиентам самостоятельно управлять заказами через планшеты, вносить пожелания и оплачивать счета без ожидания официанта.

**Ключевые слова:** текстовый запрос, автоматизация ресторанного бизнеса, информационные технологии, машинное обучение.

## ABOUT ALGORITHMS FOR ANALYZING TEXT QUERIES WHEN ORDERING DISHES IN RESTAURANTS AND CAFES

© Romanenko G. M., Moskin N. D.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

In this paper we consider methods for analyzing text queries when ordering dishes in restaurants and cafes to take into account individual customer preferences. This application concept allows customers to independently manage orders via tablets, make suggestions and pay bills without waiting for a waiter.

**Key words:** text query, automation of the restaurant business, information technology, machine learning.

С развитием технологий в области автоматизации ресторанного бизнеса появляется потребность в эффективных инструментах для обработки запросов клиентов [1; 2]. Одной из задач является автоматический анализ текста, который позволяет понять предпочтения посетителей и передать их на кухню в удобном формате. Рассмотрим различные методы автоматического анализа текста и определим наиболее подходящий для приложения, которое помогает заказывать еду.

Цели:

- определить основные подходы к автоматическому анализу текста в контексте приложения для заказа еды;
- выделить оптимальный метод анализа текстовых пожеланий пользователей.

Задачи:

- изучить существующие технологии и алгоритмы автоматического анализа текста;
- оценить их применимость к системе заказа еды;
- предложить рекомендацию по выбору метода для реализации.

Примеры текстовых запросов:

1. «У меня аллергия на арахис, пожалуйста, уберите его из всех блюд, которые я заказал. Очень важно, чтобы блюда были без него, иначе могут возникнуть проблемы». Ключевая информация для кухни: «без арахиса».

2. «Пожалуйста, не добавляйте в салат лук. У меня непереносимость, и я всегда его убираю, когда вижу. Будет лучше, если он совсем не попадет в блюдо». Ключевая информация для кухни: «без лука».

3. «Не могли бы вы сделать мою пасту менее острой? Я не люблю слишком острые блюда, и мне бы хотелось, чтобы паста была с мягким вкусом». Ключевая информация для кухни: «меньше специй» или «без острого».

4. «Хочу заказать суп, но, пожалуйста, исключите морковь. Я просто не люблю ее, и лучше, если ее не будет в супе». Ключевая информация для кухни: «без моркови».

Далее рассмотрим методы и подходы, которые позволяют эффективно и оперативно извлекать ключевую информацию из текста, что способствует ускорению обработки запросов.

1. **Методы на основе правил.** Представляют собой один из наиболее простых подходов. Они предполагают создание набора заранее установленных правил для распознавания ключевых слов и выражений. Например, правила могут включать обработку таких слов, как «уберите», «без», «не добавлять», а также их синонимов. Этот метод позволяет точно определить ключевые компоненты и предпочтения, однако он имеет ограничения в обработке сложных или неформальных фраз. Кроме того, он требует постоянного обновления и не может учесть все возможные варианты выражений.

2. **Классификация текста с помощью методов машинного обучения.** Для классификации текста можно использовать классические алгоритмы машинного обучения, такие как наивный байесовский классификатор, метод опорных векторов (SVM) или метод случайных лесов. Если есть размеченный набор данных с примерами запросов пользователей, эти модели можно обучить распознавать и классифицировать пожелания, такие как «убрать ингредиент», «заменить ингредиент» или «добавить ингредиент». Этот метод хорошо подходит для структурированных данных, однако для обработки длинных и неструктурированных сообщений требуется большое количество размеченных данных и более сложная предварительная обработка текста.

3. **Методы, основанные на нейронных сетях.** Современные методы, которые используют нейронные сети, такие как рекуррентные нейронные сети (RNN) [3] и трансформеры, дают возможность автоматически обучать модели для выделения важных фраз в длинных текстах. Например, мо-

дели на основе трансформеров, такие как BERT и GPT, могут анализировать сложные предложения, определять ключевые слова и намерения [4], даже если пользователь не выражает их явно. Эти модели способны анализировать контекст и адаптироваться к различным языковым особенностям, что делает их эффективными для решения сложных задач обработки естественного языка [5].

Для приложения, которое установлено на планшетах в ресторане, нужно создать эффективный метод обработки текстовых запросов от посетителей (схема работы приложения представлена на рис. 1). Этот метод должен позволять посетителям указывать свои предпочтения в заказе, а информация должна оперативно передаваться на кухню. Главная задача – обеспечить быстрое и точное понимание ключевых пожеланий посетителей, например, исключить определённые ингредиенты. Это позволит поварам быстро получить только важную информацию, не отвлекаясь на лишние детали. Критерии выбора оптимального способа: простота реализации, точность извлечения нужной информации, минимальные вычислительные ресурсы.

С учетом перечисленных условий наиболее эффективным решением представляется использование смешанного подхода, который включает в себя правила для оперативного выделения ключевых выражений и основной метод категоризации текста для обработки типичных запросов пользователей. Этот подход обеспечивает оптимальное соотношение между лёгкостью внедрения, скоростью и точностью анализа.

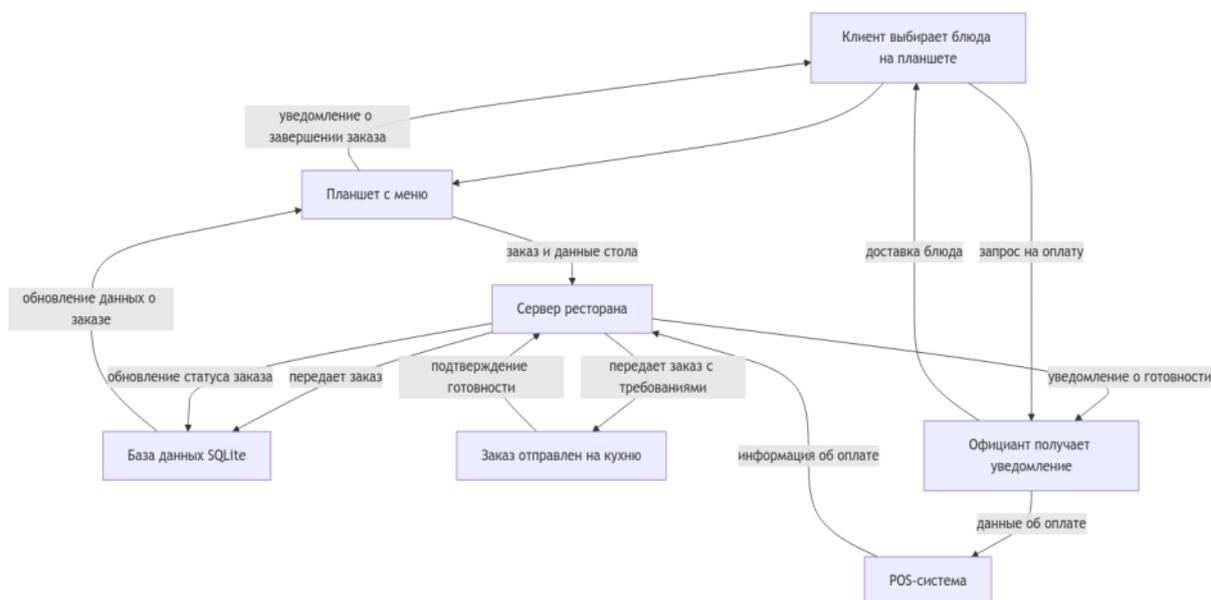


Рис. 1. Схема работы приложения

### Библиографический список

1. Поночевный Д. А. Информационные технологии в ресторанном бизнесе: учебное пособие. СПб.: Изд-во СПбГЭУ, 2021. 109 с.
2. Рыбакова Е. П. Динамика изменений в ресторанном бизнесе // Траектории технологического развития. 2024. Т. 3. № 2 (10). С. 59–66.
3. Тюрина Д. А., Пальмов С. В. Применение нейронных сетей в обработке естественного языка // Журнал прикладных исследований. 2023.
4. Как машинное обучение помогает разобраться в текстах на русском языке без головной боли. [Электронный ресурс]. URL: <https://aicomb.ru/iskusstvennyj-intellekt/kak-mashinnoe-obuchenie-pomogaet-razobratsja-v-tekstah-na-russkom-jazyke-bez-golovnoi-boli/>
5. Многослойные нейронные сети: основы, архитектура и обучение [Электронный ресурс]. URL: <https://nauchniestati.ru>

## КОНФИГУРАЦИИ РАСПОЛОЖЕНИЯ КАМЕР И АЛГОРИТМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМ МНОГОКАМЕРНОГО ЗРЕНИЯ

© Рыбин Е. И., Корзун Д. Ж.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

*rybin@cs.petrso.ru, dkorzun@cs.karelia.ru*

Представлен обзор различных подходов организации многокамерного зрения и алгоритмов для его реализации, в зависимости от выбранных требований. Выделены такие подходы к конфигурации камер как направленные из точки, в точку и случайные. Выполнена оценка применимости методов компьютерного зрения в зависимости от подходов.

**Ключевые слова:** компьютерное зрение, видеоаналитика.

## CAMERA POSITION CONFIGURATIONS AND COMPUTER VISION ALGORITHMS FOR ORGANIZING MULTICAMERA VISION SYSTEMS

© Rybin E. I., Korzun D. G.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

Presented review of different ways of organizing multicamera vision and algorithms for realization. Chosen such approaches as inside-out, out-to-inside and random. Usability of computer vision methods with regard to this approaches estimated.

**Key words:** computer vision, video analytics.

Многокамерное зрение может применяться во множестве областей. При этом, в зависимости от области применения будут различаться места установки камер, направления обзора камер и решаемые задачи, для чего потребуются различные подходы к реализации. При этом часть методов может применимыми во всех ситуациях [1].

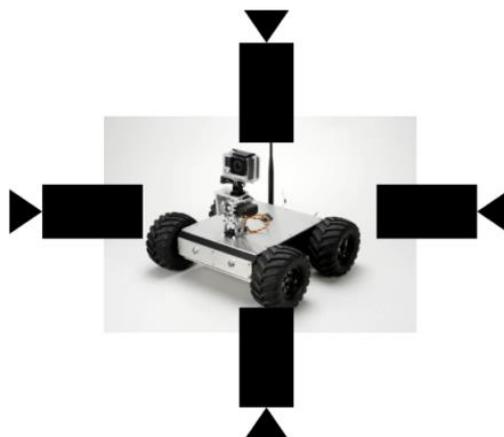
Выделены следующие возможные варианты расстановки камер (конфигурации):

1. Из точки
2. На точку
3. Случайные

**Из точки** – камеры установлены в одной точке и направлены в разные стороны, обеспечивая круговой обзор (рис. 1). Подобный подход может использоваться при наличии передвижной платформы, такой как в робототехнических системах, на которой установлены камеры и вычислительные мощности и которая передвигается по неизвестной местности.

Основная задача в таких системах – это распознавание динамически изменяющегося окружения для своевременного реагирования на возникающие препятствия. При наличии достаточного количества камер по периметру, обеспечивающих полное круговое покрытие, имеется возможность отслеживать изменения окружающей среды целиком вокруг робота. Так что объекты, уходящие из обзора одной камеры, будут гарантировано быстро появляться в ракурсе другой, что повысит степень понимания окружения. Так же становится возможна склейка панорамы – единого изображения окружения, что уберет требование к отслеживанию объектов перемещающихся между камерами.

В данной ситуации будут полезны методы компьютерного зрения построения панорам [3], для того чтобы обрабатывать окружение как одну картинку вместо набора связанных. Камеры с большим углом обзора будут так же полезны для покрытия как можно большего пространства вокруг точки, но при этом для таких камер характерны большие искажения по краям изображения. Что создает необходимость в методах по исправлению эффектов искажения линз [2], таких как эффект рыбий глаз и т. п.



*Рис. 1. Расположение камер в конфигурации «Из точки»*

**На точку** – камеры установлены в произвольных местах на площади и смотрят на одну конкретную точку, таким образом, что один и тот же объект попадает в обзор множества камер (рис. 2). Подобный подход может использоваться в системах требующих повышенную точность и надежность.

В общем, методы машинного обучения, применяемые для компьютерного зрения, могут давать различную точность и уверенность в ответе. За счет использования нескольких камер, имеющих перекрестный обзор и наблюдающих за одним и тем же объектом, можно распознавать этот объект с разных ракурсов и объединять результаты для увеличения общей точности работы системы.

Использование нескольких камер в такой конфигурации так же повышает надежность работы системы в целом. Отключение одной из камер не должно значительно влиять на ход работы системы, так как за наблюдаемым объектом следят еще несколько оставшихся камер.

Возможна полная цифровизация объекта, в рамках которой на основе информации с камер можно построить трехмерную модель объекта в пространстве, на основании методов типа применение методов типа NERV [4]. Использование подобных методов позволит увеличить уровень уверенности в позиции или физических искажениях наблюдаемого объекта.



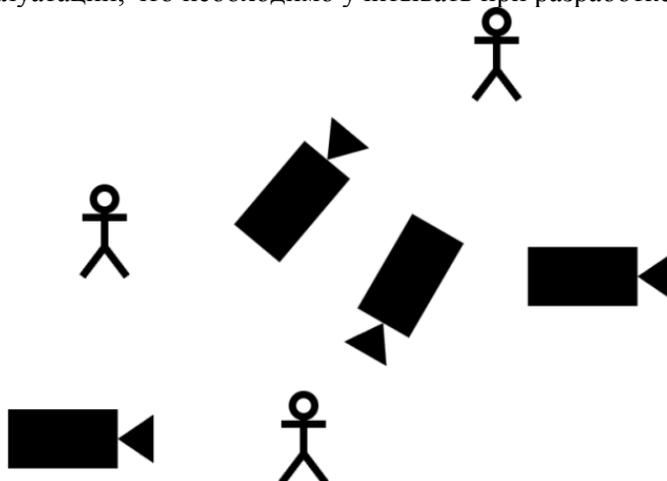
*Рис. 2. Расположение камер в конфигурации «На точку»*

**Случайное** – камеры установлены в случайных местах на произвольной территории, при этом нет гарантии что они будут покрывать всю территорию целиком, т. е. появляются слепые зоны, или смотреть за одной зоной с нескольких ракурсов (рис. 3). Подобный подход применим в охранных системах видеонаблюдения и системах видеоконтроля территории.

Особенностью таких систем является произвольное неполное покрытие территории камерами, зачастую без пересечения обзоров нескольких камер, т. е. камеры смотрят в разные стороны. Подобное явление происходит из-за необходимости покрыть наибольшую территорию наименьшим количеством камер, для уменьшения затрат. Одной из задач, стоящих перед такими системами, является отслеживание объектов пока они передвигаются между зонами обзора разных камер, при этом они мо-

гут пропадать на произвольное время, в зависимости от плотности покрытия территории камерами. Для подобного трекинга объекта допустимо применения методов типа SORT [5].

Камеры так же могут произвольно отключаться, отдавать изображение с дефектами в связи с тяжелыми условиями эксплуатации, что необходимо учитывать при разработке алгоритма.



**Рис. 3. Расположение камер в конфигурации «Случайные»**

Можно сделать вывод что в зависимости от положения камер могут применяться различные методы для осуществления многокамерного зрения для получения лучших результатов. В Таблице 1 представлена оценка применимости типов методов в зависимости от конфигурации камер, где 0 – неприменима, 1 – возможна, 2 – наилучшая возможность для применения.

**Таблица 1**

**Применимость методов в зависимости от конфигурации установки камер**

Метод / Подход	Из точки	На точку	Случайные
Методы по избавлению от оптических искажений	2	1	1
Методы по склеиванию панорам	2	0	0
NeRV и подобные	0	2	0
SORT и подобные	2	2	2
Методы обеспечения устойчивости в условиях пропадающего сигнала	0	1	2

Разные методы будут иметь свои преимущества и недостатки в зависимости от ситуации в которой их применяют.

**Поддержка исследований.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-11-20040 (<https://rscf.ru/project/22-11-20040/>), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).

**Библиографический список**

1. Viswanatha V., Chandana R. K. Real time object detection system with yolo and cnn models: A review, arXiv, 2022.
2. Wei Jin, et al. Fisheye Video Correction. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. Vol. 18. No. 10. Oct. 2012, P. 1771–83. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1109/TVCG.2011.130>
3. Alomran, Murtadha, and Douglas Chai. Feature-Based Panoramic Image Stitching. 2016 14th International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV), IEEE. 2016. P. 1–6. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1109/ICARCV.2016.7838721>
4. Srinivasan P. P., Deng B., Zhang X., Tancik M., Mildenhall B., Barron J. T. NeRV: Neural Reflectance and Visibility Fields for Relighting and View Synthesis, arXiv:2012.03927 [cs], Dec. 2020, Accessed: Mar. 21, 2022. [Online]. Available: <http://arxiv.org/abs/2012.03927>

5. Bewley Alex, et al. Simple Online and Realtime Tracking. 2016 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), IEEE, 2016. P. 3464–68. DOI.org (Crossref), <https://doi.org/10.1109/ICIP.2016.7533003>

## РЕАЛИЗАЦИЯ РУССКОЯЗЫЧНОГО КУРСА ПО ОБЪЯСНИМОМУ ИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ И ПРАКТИКОВ

© Садиех С. А., Рогов А. А.

Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[sad.sabrina.d@yandex.ru](mailto:sad.sabrina.d@yandex.ru)

Отрасль объяснимого ИИ (explainable AI) активно развивается, что подтверждается международными и национальными инициативами, такими как подписание Кодекса этики в сфере ИИ в России (2021) и первая мировая конференция по ХАИ (2023). Прогнозы также показывают значительный экономический рост области, что указывает на растущий интерес к объяснимому ИИ как на научном, так и на прикладном уровне. Однако, несмотря на важность области, Explainable AI остаётся относительно малопопулярной среди русскоязычной аудитории, что в том числе обусловлено отсутствием обязательных курсов в российских магистерских программах. В докладе представлен первый русскоязычный курс на платформе Stepik «Explainable AI (Объяснимое машинное и глубинное обучение)». Курс вносит вклад в достижение цели популяризации ХАИ в России и помогает подготовить квалифицированных специалистов, способных интегрировать современные подходы интерпретации ИИ-моделей в профессиональную деятельность.

**Ключевые слова:** объяснимый ИИ, безопасный ИИ, интерпретация моделей ИИ.

## RUSSIAN-LANGUAGE COURSE ABOUT EXPLAINABLE AI FOR STUDENTS AND PRACTITIONERS

© Sadiekh S. A., Rogov A. A.

Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The field of Explainable AI (XAI) is rapidly developing, as evidenced by international and national initiatives such as the signing of the AI Ethics Code in Russia (2021) and the first global conference on XAI (2023). Economic forecasts also indicate substantial growth in this area, reflecting a rising interest in Explainable AI both in scientific and applied contexts. However, despite its importance, XAI remains relatively unpopular among Russian-speaking audiences, partly due to the lack of required courses in Russian master's programs. This report introduces the first Russian-language course on the Stepik platform, titled «Explainable AI (Explainable machine and deep learning)». The course contributes to the goal of popularizing XAI in Russia and helps prepare qualified specialists capable of integrating modern model interpretation approaches into professional practice.

**Key words:** explainable artificial intelligence, interpretable artificial intelligence, explainable machine learning, interpretable deep learning.

В последнее время можно наблюдать растущий интерес к этике и безопасности ИИ. Это, в свою очередь, привело к созданию и развитию отдельной области исследований Explainable AI (наиболее близкий перевод «объяснимый ИИ»). Актуальность области подтверждается значимыми событиями, такими как подписание Кодекса этики в сфере ИИ в России в 2021 году и проведением первой международной конференции по ХАИ в 2023 году [1]. С точки зрения экономических показателей, международный рынок объяснимого ИИ показывает активный рост [2]. Согласно отчетам Global Market Insights рынок объяснимого ИИ вырастет от настоящих 6.55 миллиардов (на 2023 год) на 15 % в период между 2024 и 2032 годами.

Описанные факторы показывают актуальность области как с научной, так и с экономической точек зрения. Но вопреки этому область всё еще не является популярной. Так, если посмотреть число

запросов в Google Trends и Яндекс за последние пять лет термин «объяснимый ИИ» появляется в поисковых запросах реже, чем, например «безопасный ИИ» [рис. 1–3]. Это косвенно может быть связано с недостаточной популярностью области для русскоязычных специалистов. Кроме того, тема объяснимого ИИ, как самостоятельная дисциплина, не входит в обязательный модуль программ тематических русскоязычных магистратур. Отсутствие обязательного курса по объясняемому ИИ в большинстве русскоязычных магистратур ограничивает глубокое изучение дисциплины, оставляя специалистов лишь с поверхностным представлением о современных методах интерпретации ИИ-моделей. Так как объяснимый искусственный интеллект является ключевым направлением, которое способствует доверию и прозрачности в использовании ИИ-моделей, необходимо, чтобы данная область была доступна к изучению повсеместно.

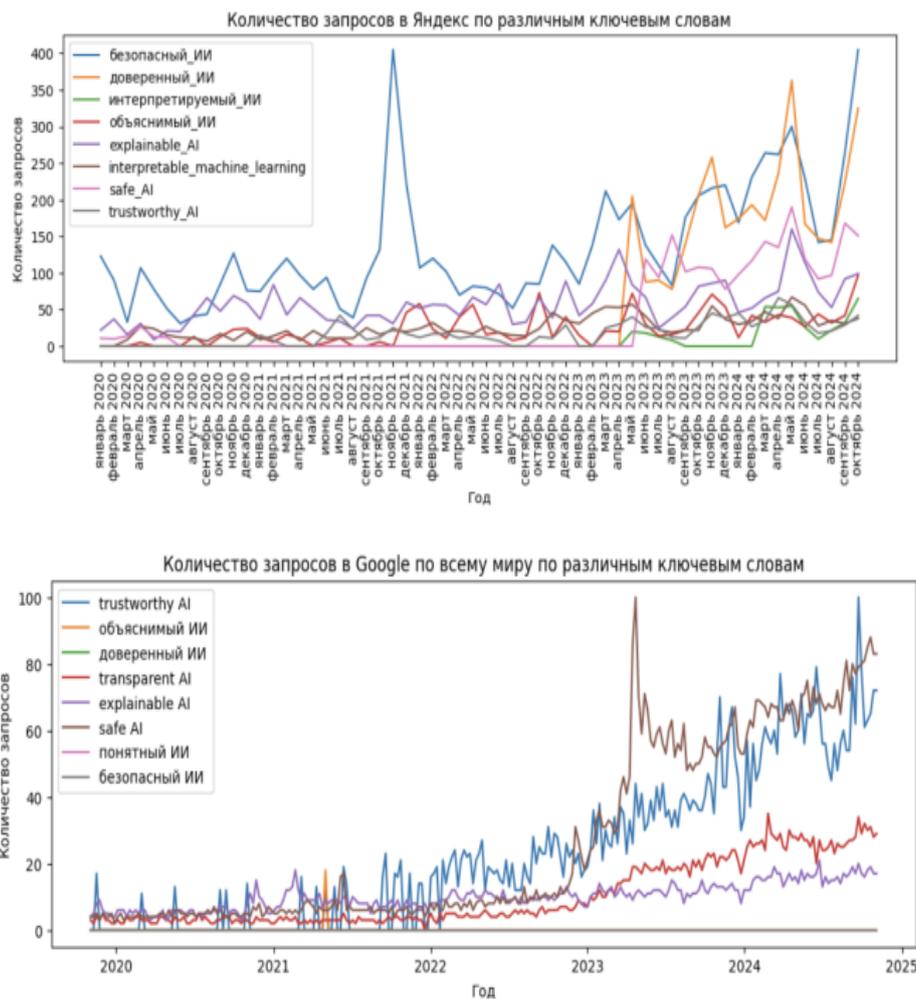
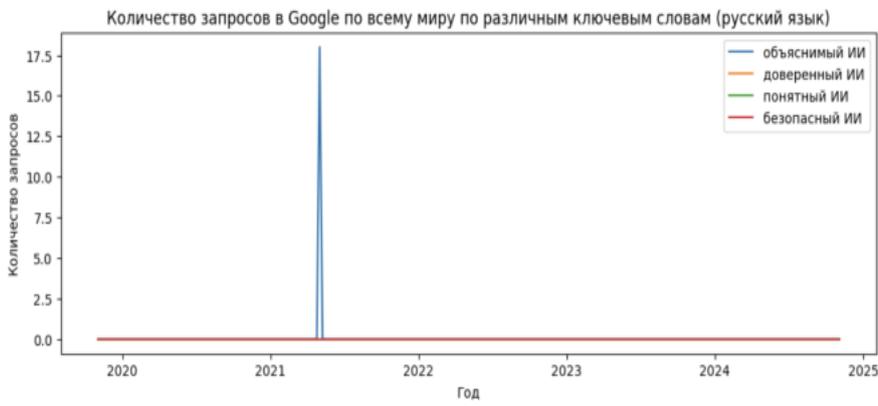
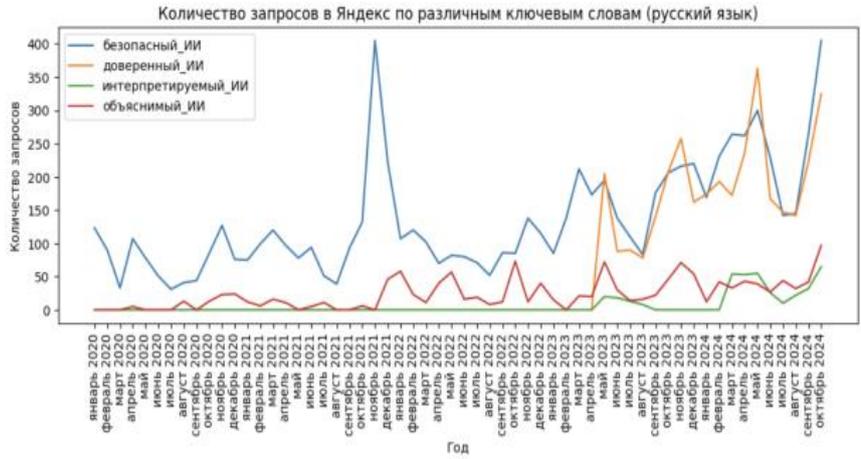
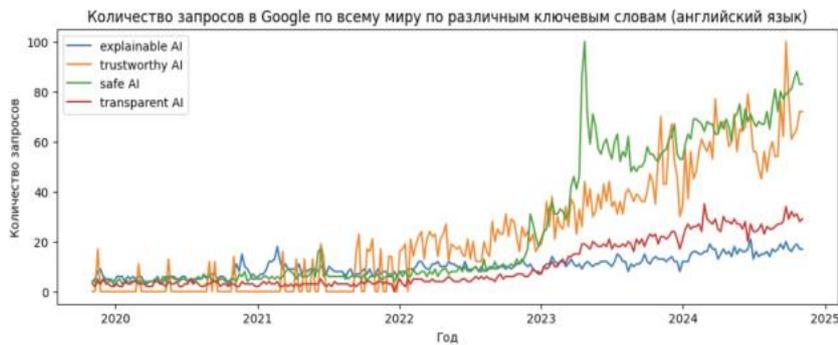
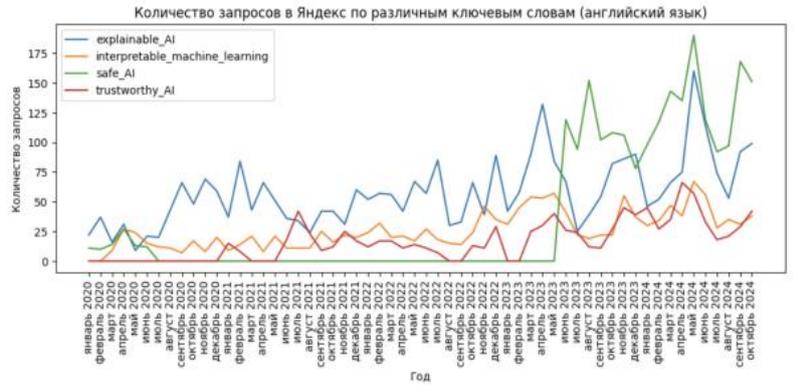


Рис. 1. Количество запросов в Яндекс и Google по различным ключевым словам



**Рис. 2.** Количество запросов в Яндекс и Google по всему миру по различным ключевым словам (русский язык)



**Рис. 3.** Количество запросов в Яндекс и Google по всему миру по различным ключевым словам (английский язык)

В докладе представлен первый учебный курс на русском языке, предназначенный для ознакомления специалистов с фундаментальными принципами explainable AI (объяснимого ИИ) и современными инструментами интерпретации моделей. Программа курса охватывает теоретические основы объяснимого ИИ, а также практическое применение методов интерпретации с использованием языка программирования Python. Курс состоит из 10 содержательных блоков, 4 из них посвящены объяснимости моделей машинного обучения (МО) и 5 объяснимости моделей глубинного обучения. Отдельный блок направлен на посвящение студента в терминологию области explainable AI. Из методов, в курсе отражены:

- графические способы анализа прогноза – Individual conditional expectation (ICE);
- методы объяснения для моделей машинного обучения, обученных на табличных данных – Counterfactual explanations, permutation importances;
- методы, применимые в литературе и исследованиях, как для моделей МО, так и для глубоких моделей – shap и lime;
- методы для сверточных сетей (CNN);
- методы, предлагающие объяснения на основе распространения градиентов (CAM, GradCAM, Guided backpropagation и их модификации, Lrp, DeepLIFT);
- методы на основе концептов (XRAI, T-CAV, модели CBM и CEM);
- методы, основанные на механизме внимания (Attention) для моделей на основе RNN и моделей «трансформеров».

В курсе предложена не только теория описанных методов, но и практика, направленная на использование методов в реальных задачах. Практические задания написаны на языке Python. Курс размещен на русскоязычной платформе Stepik под названием «Explainable AI (Объяснимое машинное и глубокое обучение)». Данная разработка открывает доступ к изучению объяснимого ИИ для широкой русскоязычной аудитории, что способствует повышению квалификации специалистов и помогает сближению подходов русскоязычных и зарубежных экспертов в этой области.

#### Библиографический список

1. <https://xaiworldconference.com/2024/the-conference/>
2. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/explainable-ai-market>

## О WEB-РЕСУРСЕ ПО ОБУЧЕНИЮ РАЗРАБОТКЕ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BLENDER

© Светлова А. С., Москин Н. Д.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[elion1945@gmail.com](mailto:elion1945@gmail.com), [moskin@petrsu.ru](mailto:moskin@petrsu.ru)

В данной работе рассматривается программное обеспечение Blender для создания 3D-моделей, сравнение обучающих курсов по данной программе, а также разработка web-ресурса по обучению разработке мультимедийных проектов с использованием Blender для студентов ПетрГУ в рамках дисциплин «Компьютерная графика» и «Мультимедиа-технологии»

**Ключевые слова:** обучающий ресурс, мультимедиа, компьютерная графика, Blender.

## ABOUT A WEB RESOURCE FOR LEARNING HOW TO DEVELOP MULTIMEDIA PROJECTS USING BLENDER

© Svetlova A. S., Moskin N. D.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

This work examines the Blender software for creating 3D models, compares training courses on this program, and develops a web resource for training in multimedia project development using Blender for students of Petrozavodsk State University within the framework of the courses «Computer graphics» and «Multimedia Technologies».

**Key words:** educational resource, multimedia, computer graphics, Blender.

Мультимедийные проекты – это проекты, в рамках которых создаются специально разработанные интерактивные приложения, которые используют мультимедийные элементы для достижения цели. Мультимедийные проекты могут включать в себя анимацию, видео, аудио, графику, тексты и другие элементы. Чаще всего такие проекты используются в обучении, маркетинге, рекламе, телевидении, кино, игровой индустрии и прочих отраслях, где необходимо передать сложную информацию в интересной, доступной и запоминающейся форме.

Blender – это мощное бесплатное программное обеспечение для 3D-моделирования и анимации. Он широко используется для создания графики, анимации и визуализации. Его открытая архитектура позволяет разработчикам создавать обучающие ресурсы, что содействует развитию навыков в 3D-дизайне. Blender находит применение в кино для создания как полнометражных, так и короткометражных анимационных фильмов, а также в рекламе для телевидения. В наше время существует множество онлайн-ресурсов, где пользователи могут изучать Blender: от официальной документации до видеокурсов на платформах вроде YouTube (например, [1], [2]). Использование Blender в мультимедийных проектах открывает новые горизонты для креативного самовыражения и обучения.

На просторах сети Интернет можно найти множество сайтов, которые позволяют пройти курсы на платной и бесплатной основе, чтобы освоить 3D-моделирование в Blender. Например, на курсе «Blender.Design» от Skillbox, можно получить доступ к обучающим материалам на удобной платформе, где есть возможность просмотреть лекции в формате видео, выполнить практические задания и пройти тестирование. При этом его явный недостаток в том, что обучение проходит без общения со спикером и в формате самостоятельного изучения материала при том, что курс является платным. Но также у Skillbox имеется бесплатный курс «Работа в Blender». Уроки представляют собой записанные вебинары. Программное обеспечение Blender в этой программе используется для создания NFT-токенов. Из недостатков так же, как и в платном курсе, отсутствует фидбэк от спикера и самостоятельное обучение.

Большинство курсов рассчитаны на самостоятельное обучение, будь они платные или бесплатные в свободном доступе. Лишь единицы компаний курируют студентов и помогают в реализации потенциала, но это обходится довольно дорого.

В рамках дипломной работы для дисциплины «Мультимедиа-технологии» было принято решение разработать веб-ресурс с уроками по программному обеспечению Blender для студентов ПетрГУ, которые заинтересованы в 3D-моделировании. Это сделано для упрощения учебного процесса, поскольку для выполнения лабораторных работ зачастую приходится самостоятельно находить на просторах сети Интернет уроки, как можно выполнить задание и в целом разобраться в программном обеспечении. Разработанный веб-ресурс поможет изучить программу и сократить время на поиски нужной информации, как сделать то или иное действие в программе, потому что базовые знания будут находиться в одном месте. На сайт могут заходить незарегистрированные пользователи, но доступ к изменению контента у них отсутствует. Это могут сделать только разработчики web-ресурса.

Из подсистем у нас имеется «Главная страница», «Справочник» и «Уроки». Планируется, что на главной странице будет находиться важная для студентов информация от администратора web-ресурса и вся навигация сверху, а внизу контактные данные (email разработчиков) для связи. На странице «Справочник» будет находиться содержание с гиперссылками на главы. На странице «Уроки», собственно, будут расположены уроки, нажав на которые откроется вкладка с содержанием, как сделать ту или иную модель в Blender.

Затрагивая требования к архитектуре системы, отметим, что сайт должен быть выполнен на языке программирования PHP с использованием Perl, Java или ASP.NET по усмотрению разработчика. Интерфейс должен быть простым и интуитивно понятным для пользователя. Приятный глазу стиль дизайна, в основном светлые цвета, простой читабельный шрифт. Размер шрифтов должен обеспечивать удобство восприятия текста при минимально допустимом размере экрана.

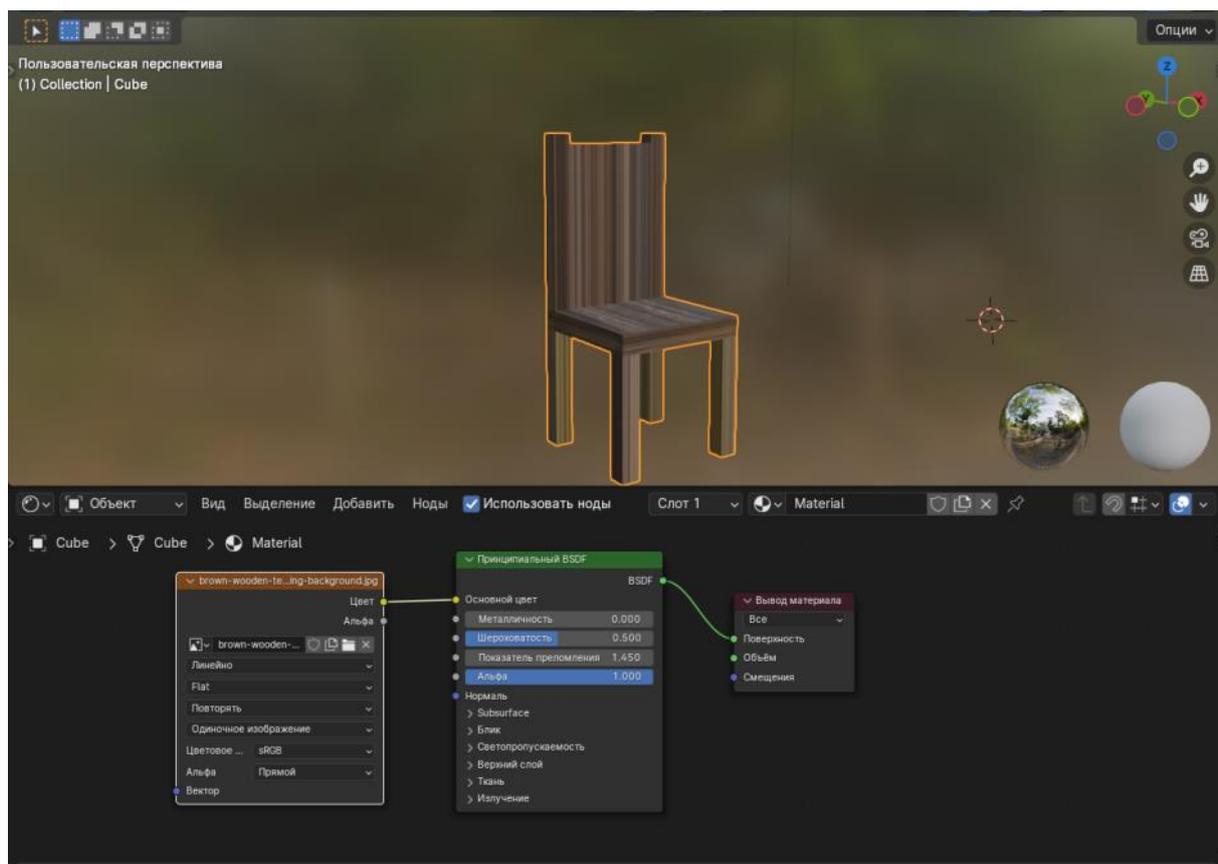
Касательно верстки, сайт разрабатывается под базовое разрешение экрана от 1500x1250 пикселей и выше. Сетка – grid layout 12 колонок с отступом по бокам 103 пикселя и расстоянием между колонками 40 пикселей. Сайт должен обеспечивать корректное отображение данных в следующих браузерах: Internet Explorer 5.0 и выше, Opera 7.0 и выше, Google Chrome 105.0 и выше.

Чтобы реализовать web-ресурс, были прописаны 8 этапов для его создания:

- Этап 1. Постановка целей и задач сайта.
- Этап 2. Проработка макетов дизайна.
- Этап 3. Разработка технического задания.
- Этап 4. Проектирование и прототипирование сайта.

- Этап 5. Верстка и интеграция с CMS.
- Этап 6. Настройка основных модулей.
- Этап 7. Релиз и тестирование.
- Этап 8. Наполнение контентом.

Сценариев с таким web-ресурсом не так много, поскольку он довольно прост в использовании. Например, если пользователю необходимо найти пособие, то ему нужно зайти во вкладку «Справочник», произойдет переход и появится содержание. Пользователь видит список глав с гиперссылками, например, «Моделирование», «Анимация», «Текстурирование». Он выбирает интересующую его тему и переносится на нужное место на странице. Похожий сценарий и с вкладкой «Уроки». Пользователь нажимает на неё и перемещается на другую страницу, где по номерам расположены tutorиалы. Он выбирает нужный ему и перемещается на страницу, где поэтапно расписано, что нужно делать, чтобы смоделировать объект.



*Рис. 1. Пример задания*

В качестве первого задания для web-ресурса было решено сделать стул (рис. 1), так как для новичков в Blender это довольно просто и появляется прекрасная возможность познакомиться с интерфейсом и горячими клавишами, которые помогают сделать задание быстрее и без лишних проблем. Другие задания в данный момент находятся в разработке.

### **Библиографический список**

1. ТОП-40 курсов по Blender 3D: онлайн-обучение моделированию с нуля [Электронный ресурс] / КОМЬЮНИТИ.: образовательный проект. Электрон. дан. URL: <https://timeweb.com/ru/community/articles/top-40-kursov-po-blender-3d-onlayn-obuchenie-modelirovaniyu-s-nulya> (дата обращения: 16.10.2024).
2. Blender 3D Уроки [Электронный ресурс] / ПРОГРАМИШКА.РФ: образовательный проект. Электрон. дан. URL: [https://programishka.ru/catalog/show\\_catalog/36/](https://programishka.ru/catalog/show_catalog/36/) (дата обращения: 02.11.2024).

## ГЕНЕРАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ДАТАСЕТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ NLP ЗАДАЧ В МЕДИЦИНЕ

© Семёнов С. А., Марахтанов А. Г.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

*ruster478@gmail.com, marahtanov@petrsu.ru*

В данной статье рассмотрен программный инструмент на основе большой языковой модели, используемый для генерации синтетических датасетов для решения NLP задач в медицине.

**Ключевые слова:** датасет, синтетический датасет, генерирование данных, большая языковая модель, обработка естественного языка.

## GENERATION OF SYNTHETIC DATASETS FOR SOLVING NLP PROBLEMS IN MEDICINE

© Semyonov S. A., Marahtanov A. G.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

This article discusses a software tool based on a large language model used to generate synthetic datasets for solving NLP problems in medicine.

**Key words:** dataset, synthetic dataset, data generation, LLM, NLP.

Технологии искусственного интеллекта позволяют решать различные задачи в области медицины [1], например, анализировать рентгеновские снимки, производить диагностику по информации о пациенте и результатам осмотра, прорабатывать возможные сценарии развития болезни и пр. Подобные сервисы, конечно, не заменяют врача, но являются полезным ассистентом, предоставляя информацию для принятия врачебного решения на основании данных и предложенных вариантов.

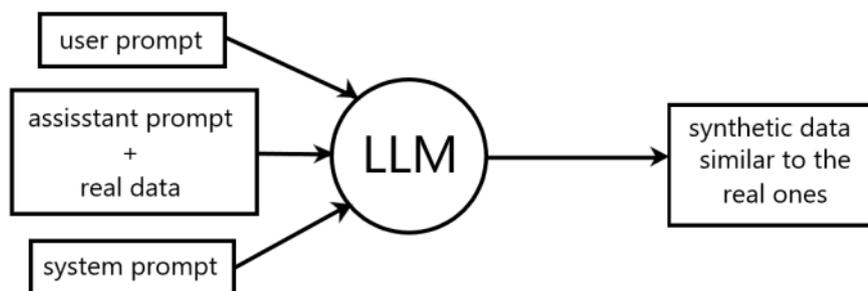
Обозначенные задачи могут решаться с использованием различных методов искусственного интеллекта, например, методы компьютерного зрения могут использоваться для нахождения объектов на снимке, а кластеризация – для разделения пациентов на группы риска. Некоторые задачи могут быть решены с применением технологий обработки естественного языка (NLP), таких, как поиск именованных сущностей в тексте или генерация текста на основе больших языковых моделей.

Например, NLP может использоваться для деперсонализации медицинских данных (удаление из текста атрибутов пациента, позволяющих его идентифицировать, таких как ФИО, адрес, дата рождения, паспортные данные и пр.), формирования таблицы с результатами анализов и осмотра на основании текстового анамнеза, диагностирования заболевания на основе текстового описания симптомов и пр.

Проблема нехватки медицинских данных создаёт сложности для инженеров машинного обучения при решении задач обработки естественного языка в медицине. Она заключается в том, что ограниченное количество доступных данных может ограничить возможности для создания точных и эффективных моделей машинного обучения. В медицинских задачах NLP, таких как классификация заболеваний или анализ электронных медицинских записей, необходимо иметь достаточно большой и разнообразный датасет для обучения модели и обеспечения ее точности и надежности.

Однако в медицине доступ к данным ограничен из-за конфиденциальности пациентов и сложности сбора и аннотирования данных. Это означает, что существует риск переобучения модели на небольшом датасете, что может привести к низкой точности и неадекватной обработке новых данных. В связи с вышеперечисленным поднимается вопрос генерации синтетических датасетов.

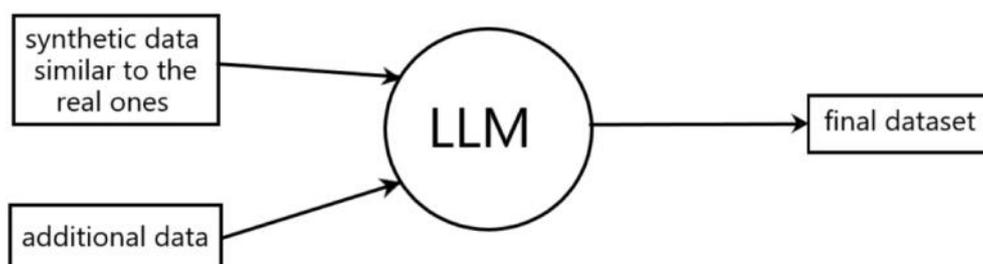
Одним из подходов генерации синтетических данных является использование больших языковых моделей. Стоит отметить, что для осуществления генерации данных, особенно медицинских, требуются реальные медицинские данные, на основе которых языковая модель будет генерировать новые данные. В общем случае подход на основе большой языковой модели можно описать следующим образом (см. рисунок 1): подбирается системный промпт, ассистентный промпт, который дополняется примером из реальных медицинских данных и пользовательский промпт с указанием на генерацию. Имея качественные реальные данные и составив удачный промпт для модели, можно добиться высокой вариативности генерируемых данных, а также схожести с настоящими.



**Рис. 1. Схема генерации синтетических данных с помощью LLM**

Далее, для обогащения сформированных данных, следует генерация дополнительных данных, не требующих привлечения LLM. В их число входит: номера документов, дата и время посещения, идентификатор посещения и ФИО пациента. Большая часть генерируется силами языка программирования Python, кроме имени пациента, оно синтезируется с помощью библиотеки «russian-names» [2].

Следующим этапом происходит «склейка» данных (см. рисунок 2): сгенерированных языковой моделью и синтезированных языком программирования Python и библиотеки «russian-names». Для «склейки» используется обращение к LLM с заданными промптами для объединения текста и приведения его в читаемый вид.



**Рис. 2. Схема «склейки» данных**

Для реализации подхода генерации данных с использованием LLM была написана библиотека, позволяющая гибко настраивать параметры генерации, начиная от содержимого будущих данных, заканчивая выбором модели для генерации. Стоит отметить, что библиотека ориентирована на использование локальных LLM через библиотеку «transformers» [3] или через развёртывание при помощи «LM Studio» [4]. Помимо этого, библиотека позволяет использовать модели, доступ к которым осуществляется через API (в контексте библиотеки это GigaChat API).

Сама библиотека не используется напрямую, она работает в контексте веб-приложения, реализованного на FastAPI [5]. Такая реализация позволила улучшить удобство использования программного продукта для запуска генерации, а также для просмотра данных и сохранения в различные форматы.

Полученные после генерации данные отличаются вариативностью текстов и малым числом дубликатов и опечаток, несмотря на то, что данные сгенерированы LLM, которые, как правило, обладают галлюцинациями.

Резюмируя результаты исследования, можно сделать вывод о необходимости дальнейшего проведения исследования. Несмотря на то, что полученные после генерации данные имеют хорошее качество, их стоит протестировать, например, путём решения простой задачи классификации текста, обучив несколько классических моделей машинного обучения. А в дальнейшем обучать уже более сложные алгоритмы машинного обучения как на синтезированных данных, так и в комбинации с реальными.

### **Библиографический список**

1. Гусев А. В., Добридюк С. Л. Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении // ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЩЕСТВО 2017 № 4-5 // С. 78–93. Режим доступа: [https://webiomed.ru/media/publications\\_files/iskusstvennyi-intellekt-v-meditsine-i-zdravookhraneni.pdf](https://webiomed.ru/media/publications_files/iskusstvennyi-intellekt-v-meditsine-i-zdravookhraneni.pdf)
2. russian-names PyPI- <https://pypi.org/project/russian-names/>

3. Transformers: State-of-the-art Machine Learning for Pytorch, TensorFlow, and JAX. <https://github.com/huggingface/transformers>
4. LM Studio. <https://lmstudio.ai/>
5. FastAPI framework, high performance, easy to learn, fast to code, ready for production. <https://github.com/fastapi/fastapi>

## ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ «КОНСТРУКТОР МАТРИЦЫ КОМПЕТЕНЦИЙ»

© Семенова Е. Е., Кручек М. М.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
*semenova@petsu.ru, kruchek@petsu.ru*

В докладе представлено разработанное авторами веб-приложение «Конструктор матрицы компетенций», позволяющее контролировать выполнимость требований ФГОС ВО в отношении формируемых компетенций.

**Ключевые слова:** веб-приложение, индикаторы достижения компетенции, матрица компетенций, Федеральный государственный образовательный стандарт.

## «COMPETENCY MATRIX BUILDER» WEB APPLICATION

© Semenova E. E., Kruchek M. M.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The report presents a web application developed by the authors, the «Competency Matrix Builder», which enables monitoring the compliance with Federal State Educational Standards regarding the competencies being developed.

**Key words:** web application, competency achievement indicators, competency matrix, Federal State Educational Standards.

К составным частям основной профессиональной образовательной программы (ОПОП) относятся базовый учебный план (УП) на весь период обучения по программе; список формируемых компетенций; рабочие программы дисциплин и практик; материалы, позволяющие оценить сформированность компетенций.

При разработке образовательной программы необходимо учитывать большое количество требований, установленных ФГОС ВО по соответствующему направлению подготовки (например, [1]).

В результате освоения программы у выпускника должны быть сформированы универсальные (УК), общепрофессиональные (ОПК) и профессиональные компетенции (ПК). Относительно компетенций в ФГОС ВО определены следующие требования:

- профессиональные компетенции, устанавливаемые программой, формируются на основе профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников (при наличии), а также, при необходимости, на основе анализа требований к профессиональным компетенциям, предъявляемым к выпускникам на рынке труда ([1], п. 3.4);
- в образовательной программе должны быть установлены индикаторы достижения компетенций ([1], п. 3.7);
- организация самостоятельно планирует результаты обучения по дисциплинам (модулям) и практикам, которые должны быть соотнесены с установленными в программе индикаторами достижения компетенций ([1], п. 3.8);
- совокупность запланированных результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам должна обеспечивать формирование у выпускника всех компетенций, установленных программой ([1], п.3.8).

В рамках образовательной программы выделяются обязательная часть и часть, формируемая участниками образовательных отношений. В ФГОС ВО определено условие отнесения дисциплин и практик к соответствующей части программы ([1], п.2.9): «К обязательной части относятся дисци-

плины (модули) и практики, обеспечивающие формирование ОПК, определяемых ФГОС ВО. Дисциплины (модули) и практики, обеспечивающие формирование УК, определяемых ФГОС ВО, а также профессиональных компетенций, определяемых организацией самостоятельно, могут включаться в обязательную часть программы и (или) в часть, формируемую участниками образовательных отношений.»

Общая схема взаимосвязей основных элементов ОПОП представлена на рис. 1.

Соответствие между дисциплинами учебного плана и формируемыми при их изучении компетенциями удобно представить в матричной форме.

Подготовка данных, на основе которых строится матрица компетенций, включает выполнение следующих задач:

- формирование списка компетенций всех групп (универсальные, общепрофессиональные, профессиональные);
- для каждой компетенции формирование списка индикаторов достижения компетенций;
- для каждой компетенции создание списка дисциплин и других модулей учебного плана, формирующих компетенцию;
- «привязка» дисциплин, формирующих компетенцию, к индикаторам ее достижения;
- формирование выходных форм, включаемых в ОПОП.

Для реализации перечисленных задач в институте математики и информационных технологий разработано веб-приложение «Конструктор матрицы компетенций». При подготовке данных с помощью Конструктора ведется контроль допустимости включения дисциплин, формирующих компетенции, в соответствующую часть учебного плана и проверка выполнимости требований, определяемых ФГОС ВО в отношении формируемых компетенций.

Приложение имеет достаточно простой интерфейс и обеспечивает не только формирование указанных списков, но и их редактирование, когда необходимо учесть изменения соответствующих статей ФГОС ВО и требований к подготовке выпускников. Данные и выходные формы, подготовленные с помощью приложения, лежат в основе проектирования фондов оценочных средств.

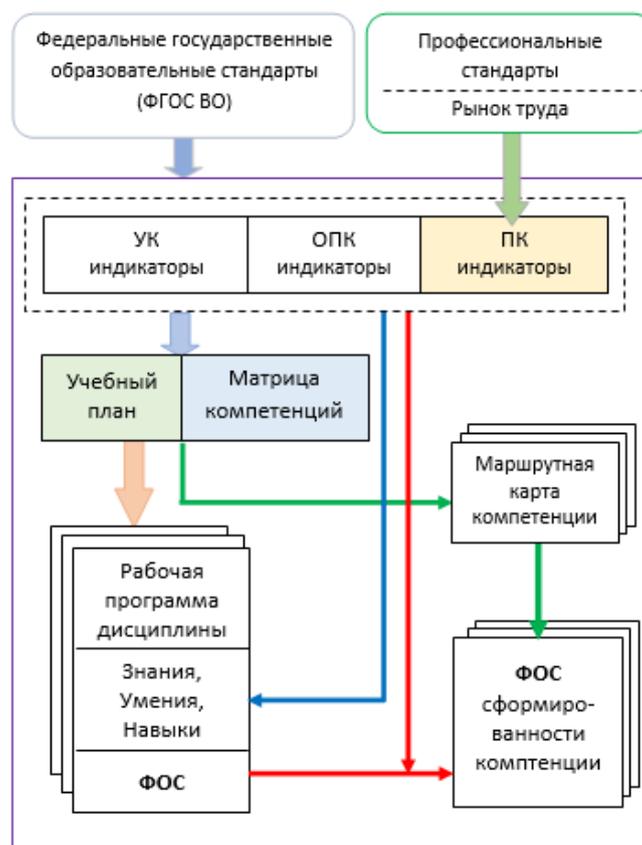


Рис. 1. Общая схема взаимосвязи основных элементов образовательной программы

**Библиографический список**

1. Федеральный государственный образовательный стандарт по программе высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 01.03.01 Математика, утвержденный приказом Минобрнауки 10.01.2018 г. № 8 с учетом всех изменений и дополнений.

## **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ И ДИСПАНСЕРИЗАЦИИ**

© Сеньюков В. А.

Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
vovsen@inbox.ru

Носимые устройства, разработанные с использованием актуальных и современных технологий, дают новые возможности для мониторинга здоровья, обеспечивая как долгосрочное наблюдение, так и краткосрочную диспансеризацию. В данной работе описывается процесс разработки и проектирования системы, которая измеряет пульс, насыщение крови кислородом, температуру тела, артериальное давление и ЭКГ (с использованием трех стандартных отведений), а также передает данные на сервер для дальнейшей обработки и анализа. Система включает компактное устройство на базе микроконтроллера ESP32 с датчиками и электродами, а также инфраструктуру для приема, хранения и анализа данных. Для анализа сигналов ЭКГ и расчета артериального давления будут использованы методы машинного обучения.

**Ключевые слова:** автоматизированная система мониторинга, носимые устройства, медицинские данные, экг, машинное обучение, анализ данных, система диспансеризации, мониторинг здоровья, предсказание заболеваний, прогнозирование давления.

## **AUTOMATED HEALTH MONITORING AND MEDICAL EXAMINATION SYSTEM**

© Senyukov V. A.

Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

Wearable devices developed using current and modern technologies provide new opportunities for health monitoring, providing both long-term monitoring and short-term medical examination. This paper describes the process of developing and designing a system that measures pulse, blood oxygen saturation, body temperature, blood pressure and ECG (using three standard leads), and also transmits data to a server for further processing and analysis. The system includes a compact device based on an ESP32 microcontroller with sensors and electrodes, as well as an infrastructure for receiving, storing and analyzing data. Machine learning methods will be used to analyze ECG signals and calculate blood pressure.

**Key words:** automated monitoring system, wearable devices, medical data, ECG, machine learning, data analysis, dispensary monitoring, health monitoring, disease prediction, blood pressure forecasting.

Современные носимые устройства и технологии позволяют значительно улучшить методы мониторинга состояния здоровья, обеспечивая не только сбор и передачу данных в реальном времени, но и анализ, позволяющий делать прогнозы о возможных проблемах в состоянии человека [1]. Автоматизированная система мониторинга состояния здоровья и диспансеризации разрабатывалась с использованием функционального подхода к проектированию микропроцессорной системы. Этот подход предполагает сначала определение функционала системы, а потом элементной базы для ее реализации.

Разрабатываемая автоматизированная система мониторинга собирает в реальном времени биометрические данные с помощью датчиков и электродов, включая пульс, насыщение крови кислородом, температуру тела, ЭКГ и артериальное давление. Полученные данные передаются на сервер для дальнейшей обработки и анализа, поэтому необходимо создать интерфейс для пользователей и медицинского персонала, который позволит следить за состоянием здоровья в реальном времени.

Система реализована на базе микроконтроллера ESP32 с использованием датчиков MAX30105 (пульсоксиметрия и пульс), MLX90632 (температура тела), AD8232 (ЭКГ), обработка и передача данных через микроконтроллер.

Архитектура системы включает:

1. Носимое устройство: Компактный браслет, оснащенный микроконтроллером ESP32, который взаимодействует с датчиками для сбора биометрических данных (пульс, температура тела, насыщение кислородом, ЭКГ).

2. Обработка и передача данных: Собранные данные передаются через Wi-Fi или Bluetooth на сервер для дальнейшей обработки.

3. Бекенд-система: Реализована на FastAPI, что позволяет эффективно обрабатывать запросы и данные в асинхронном режиме. FastAPI выбран за свою высокую производительность и поддержку интеграции с методами машинного обучения, необходимыми для анализа данных.

4. Хранилище данных: Используется база данных PostgreSQL для хранения и эффективной обработки больших объемов биометрической информации. Это также позволяет использовать сложные запросы и методы работы с временными рядами.

5. Модели машинного обучения: Для анализа данных ЭКГ планируется использование предсказательных моделей (например, случайные леса и LSTM). Это позволит распознавать отклонения от нормы, такие как аритмия или другие сердечно-сосудистые заболевания [2].

6. Веб-приложение: Для отображения данных выбран React.js и TypeScript. Интерфейс будет предоставлять пользователю и медицинскому персоналу простой и понятный способ просмотра текущих биометрических данных, а также результатов анализа и прогнозов.

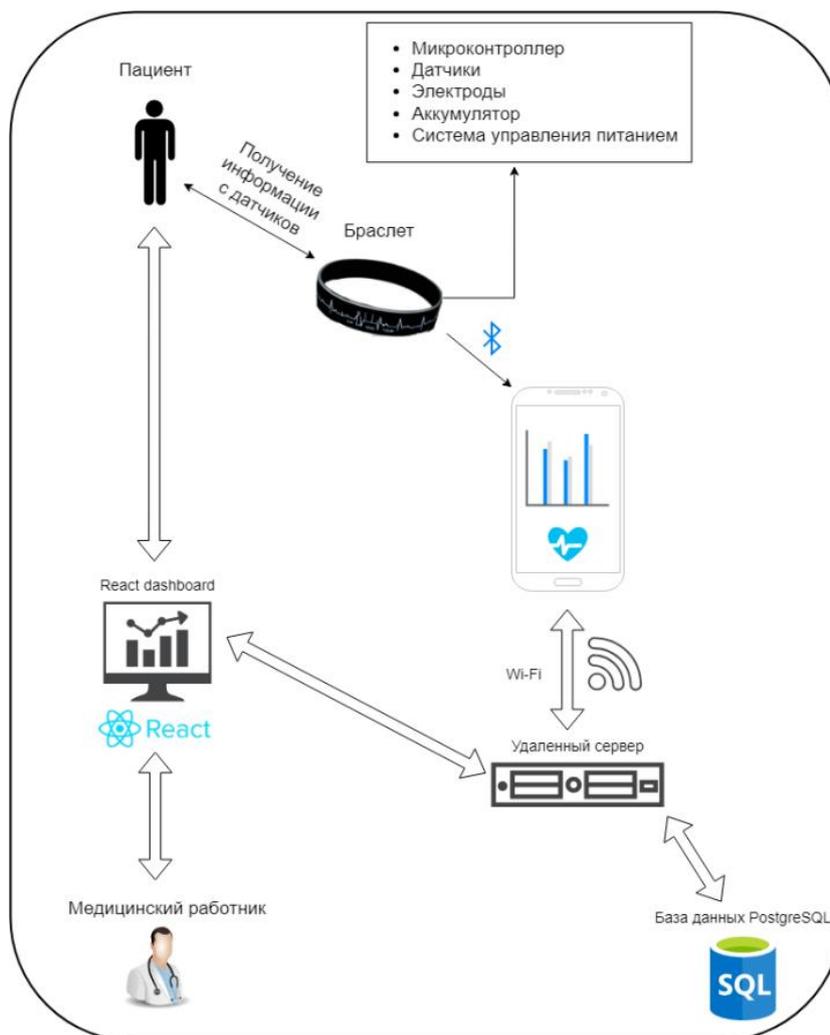


Рис. 1. Общая схема взаимодействия устройств системы

К ключевым преимуществам системы можно отнести:

1. Комплексный мониторинг здоровья: Система собирает несколько видов данных (пульс, температура, ЭКГ, кислород в крови), что позволяет сделать мониторинг более точным и информативным.
2. Модульность: Система легко расширяема, новые датчики и функции могут быть добавлены в любой момент.
3. Персонализированные прогнозы: Использование методов машинного обучения для предсказания и раннего предупреждения о возможных отклонениях в здоровье.
4. Безопасность и конфиденциальность: Так как медицинская информация должна быть защищена, то данные передаются с использованием защищенного соединения (TLS/SSL), а также применяются системы аутентификации для контроля доступа к данным [3].

Система мониторинга здоровья может быть использована как в личном, так и в клиническом мониторинге. Она дает возможности для повышения качества и доступности медицинского обслуживания, а также позволяет проводить предсказания на основе анализа данных. В дальнейшей работе будет совершенствоваться точность алгоритмов обработки ЭКГ, а также разрабатываться методы для косвенного расчета артериального давления с использованием модели PTT (Pulse Transit Time) [4].

### Библиографический список

1. Site A., Nurmi J., Lohan E. S. Systematic Review on Machine-Learning Algorithms Used in Wearable-Based eHealth Data Analysis // IEEE Access. 2021. Vol. 9. P. 112221–112235. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3103268>
2. Alimbayeva Zh., Alimbayev Ch., Ozhikenov K., Bayanbay N., Ozhikenova A. Wearable ECG Device and Machine Learning for Heart Monitoring // Sensors. 2024. Vol. 24. No. 13. P. 4201. <https://doi.org/10.3390/s24134201> (с. 18)
3. Постановление Правительства РФ от 12.04.2018 N 447 (ред. от 21.08.2020) «Об утверждении Правил взаимодействия иных информационных систем, предназначенных для сбора, хранения, обработки и предоставления информации, касающейся деятельности медицинских организаций и предоставляемых ими услуг, с информационными системами в сфере здравоохранения и медицинскими организациями» [Электронный ресурс]. 2018. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_295787/6a1d03e4a225093edc656461159c7a4aa4d1a2ec/#dst100008](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_295787/6a1d03e4a225093edc656461159c7a4aa4d1a2ec/#dst100008)
4. Liberson A. S. Relation of a Pulse Transit Time to the Blood Pressure in Bifurcated Cardiovascular Networks // American Journal of Biomedical Science & Research. 2020. DOI: 10.34297/AJBSR.2020.07.001135

## НАХОЖДЕНИЕ НАИБОЛЕЕ РЕЛЕВАНТНОГО ТЕКСТОВОГО ДОКУМЕНТА

© Смирнов Н. В., Дзида В. А.

Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[smirnovn@petsu.ru](mailto:smirnovn@petsu.ru), [dzida.vadim@yandex.ru](mailto:dzida.vadim@yandex.ru)

В статье рассматривается задача поиска наиболее релевантного документа из набора документов для генерации ответа на конкретный вопрос. Подготовлены датасеты текстовых документов и вопросов по ним. Авторы протестировали различные модели векторизации текста и разработали ансамбль моделей, который максимизирует метрику исследования.

**Ключевые слова:** RAG, NLP, векторное представление слов.

## FINDING THE MOST RELEVANT TEXT DOCUMENT

© Smirnov N. V., Dzida V. A.

Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The task of finding the most relevant document from a set of documents to generate an answer to a specific question is considered in the paper. Datasets of text documents and questions on them have been developed.

The authors have tested various word embedding models and have developed an ensemble of models that maximises the metric of research.

**Key words:** RAG, NLP, word embeddings.

Интеграция чат-ботов и интеллектуальных ассистентов в самых различных сферах деятельности человека [1] обуславливает актуальность темы исследования. Основной задачей таких ассистентов является генерация верного ответа на вопрос человека. При этом довольно часто важная информация регулярно обновляется (ежедневно, ежечасно, ...). Предобученная модель машинного обучения обладает знаниями из переданного ранее фиксированного набора документов, поэтому эта модель не может обеспечить генерацию верного ответа на вопрос, если данные для ответа были изменены. Для предоставления верного ответа применяется *RAG (Retrieval-Augmented Generation)* [2] подход, который сочетает генерацию текста с механизмами поиска и извлечения релевантной информации из внешних текстовых источников.

Для применения метода *RAG* необходим набор текстов, для формирования которого было получено 5000 случайных статей (100 МБ) из русскоязычной Википедии. Статьи извлекались с помощью API и средств библиотеки *wikipediaapi*<sup>1</sup>. Для получения статей были написаны программы, включающие асинхронное скачивание статей, сохранение в отдельные файлы и постобработку для формирования наборов текстов.

1. После предварительной очистки текст каждой статьи был разделен на фрагменты (чанки) заданной длины в 5000 символов. Выбранная длина чанка обеспечивает достаточный объём информации в каждом фрагменте и возможность передачи информации для дальнейшей обработки. Если в статье можно было выделить несколько чанков, то каждый следующий чанк содержал 500 последних символов из предыдущего и не более 5000 ранее неиспользованных символов. Использование 500 символов предыдущего чанка позволяет сохранить связность текстов. Было создано 2 датасета. Первый датасет *ds.csv* включает 10 000 чанков, полученных из статей Википедии, второй датасет *q.csv*, содержит выборку из 10 чанков и 5 вопросов к каждому из них. Вопросы были разработаны таким образом, что среди 5 вопросов к каждому чанку были:

- два простых вопроса, числовой ответ на которые приведен в тексте;
- два простых вопроса с кратким словесным ответом из текста;
- один сложный вопрос, для формирования ответа на который текст надо проанализировать.

Примеры вопросов:

- **с числовым ответом:** Сколько сыновей оставил князь Лев Иванович Бабичев?
- **с кратким словесным ответом:** Какой праздник отмечается 1 декабря во всём мире?
- **с анализом текста:** Почему Мамед Багиров решил бежать из Азербайджанского легиона и присоединиться к партизанам?

Для применения *RAG* подхода вместе с вопросом в запросе в большую языковую модель (Large language model, LLM) передаются и тексты, на основе которых необходимо генерировать ответ. Чтобы узнать какие тексты следует передавать, предлагается находить для текстов и вопросов их векторные представление (word embeddings), а после передавать в LLM тексты, имеющие наибольшую меру близости к вопросу (например, с помощью конусного расстояния). Для получения компактного векторного представления текстов были выбраны протестированные модели с архитектурой трансформер с *Hugging Face* [3]:

- *multilingual-e5-base*<sup>2</sup>;
- *multilingual-e5-large*<sup>3</sup>,
- *multilingual-e5-large-instruct*<sup>4</sup>,
- *ruElectra-large*<sup>5</sup>,

<sup>1</sup> GitHub. URL: <https://github.com/martin-majlis/Wikipedia-API> (дата обращения: 09.11.2024).

<sup>2</sup> HuggingFace. URL: <https://huggingface.co/intfloat/multilingual-e5-base> (дата обращения: 09.11.2024).

<sup>3</sup> HuggingFace. URL: <https://huggingface.co/intfloat/multilingual-e5-large> (дата обращения: 09.11.2024).

<sup>4</sup> HuggingFace. URL: <https://huggingface.co/intfloat/multilingual-e5-large-instruct> (дата обращения: 09.11.2024).

<sup>5</sup> HuggingFace. URL: <https://huggingface.co/ai-forever/ruElectra-large> (дата обращения: 09.11.2024).

- *ruELECTRA-large-strip-90k*<sup>1</sup>,  
и ранжирующая функция *BMP25*<sup>2</sup>.

Вычисления производились на компьютере Intel Core i3-12100F, 16 Гб RAM, GeForce RTX 2060 SUPER, 8 Гб vRAM. Для оценки результатов применения исследуемых моделей получения векторного представления текстов фиксировалась доля случаев *top\_K\_accuracy* (1), когда целевой чанк входит в набор из  $K=\{1, 5, 10\}$  наиболее релевантных чанков, и среднее время *avg\_10\_time*, необходимое для получения  $K=10$  наиболее релевантных чанков.

$$\begin{aligned} top\_K\_accuracy &= M / N, \\ avg\_10\_time &= T_{all} / N, \end{aligned}$$

где  $M$  – количество случаев, когда корректный чанк, по которому был задан вопрос, находится среди  $K=\{1, 5, 10\}$  наиболее релевантных чанков,  $N$  – общее количество чанков;  $T_{all}$  – время, необходимое для получения 10 релевантных чанков по всем вопросам.

Таблица 1

### Результаты тестирования

Модель	top_1_accuracy	top_5_accuracy	top_10_accuracy	avg_10_time, сек
<i>multilingual-e5-base</i>	0,36	0,74	0,78	0,061
<i>multilingual-e5-large</i>	0,34	0,72	0,72	0,096
<b><i>multilingual-e5-large-instruct</i></b>	<b>0,52</b>	<b>0,86</b>	<b>0,9</b>	<b>0,094</b>
<b><i>BMP25</i></b>	<b>0,74</b>	<b>0,88</b>	<b>0,9</b>	<b>0,149</b>
<i>ruElectra-large</i>	0,02	0,06	0,1	0,097
<i>ruELECTRA-large-strip-90k</i>	0	0,04	0,06	0,097

В результате были выбраны 2 модели с различной архитектурой, которые показали наибольшие значения метрики *top\_10\_accuracy* – *multilingual-e5-large-instruct* и *BMP25*, им были экспериментально подобраны и сопоставлены весовые коэффициенты 0.4 и 0.6 соответственно. Из этих моделей был создан и протестирован ансамбль моделей. Результаты которого:

- top 1 accuracy – 0,82,
- top 5 accuracy – 1,00,
- top 10 accuracy – 1,00,
- *avg\_10\_time* – 0,26 сек.

Полученные значения метрик обуславливают актуальность проведения дальнейшего исследования, в том числе по задачам:

1. Тестирование подхода на датасете с большим количеством чанков, например, 100 000, 1 000 000 чанков.
2. Дообучить и протестировать модели на датасете с текстовыми документами из конкретной области, например, медицина или финансы.

### Библиографический список

1. Voronin V. Y., Semenov N. D., Smirnov N. V. Chatbot of a House Management Company [Электронный ресурс] // Advances in Automation V. Proceedings of the International Russian Automation Conference, Switzerland, 2024. P. 291–299. URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-51127-1\\_28](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-51127-1_28) (дата обращения: 10.10.2024).
2. Lewis P., Perez E., Piktus A., et al. Retrieval-Augmented Generation for Knowledge-Intensive NLP Tasks [Электронный ресурс] // arxiv.org URL: <https://arxiv.org/pdf/2005.11401v4> (дата обращения: 10.10.2024).
3. Hugging Face. Hugging Face – The AI community building the future [Электронный ресурс]. URL: <https://huggingface.co/> (дата обращения: 10.10.2024).

<sup>1</sup> HuggingFace. URL: <https://huggingface.co/Den4ikAI/ruELECTRA-large-strip-90k> (дата обращения: 09.11.2024).

<sup>2</sup> LangChain. URL: <https://python.langchain.com/v0.2/docs/integrations/retrievers/bm25> (дата обращения: 09.11.2024).

## ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

© Смирнов Н. В., Иванов К. А.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
smirnovn@petrsu.ru, kostya1234kkk@yandex.ru

Задача разработки рекомендаций является актуальной. В работе для кластеризации туристических продуктов применяется метод k-средних. Для определения оптимального количества кластеров используется коэффициент силуэта.

**Ключевые слова:** рекомендательная система, кластеризация, машинное обучение.

## USING CLUSTERING IN THE DEVELOPMENT OF A RECOMMENDER SYSTEM

© Smirnov N. V., Ivanov K. A.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The task of developing recommendations is relevant. In the work, the k-means method is used for clustering tourism products. The silhouette coefficient is used to determine the optimal number of clusters.

**Key words:** recommender system, clustering, machine learning.

Статья посвящена теме разработки рекомендательных систем. В работе [1] достаточно подробно описаны разновидности рекомендательных систем, подходы к их разработке и дальнейшего использования. При разработке рекомендательных систем часто применяются фильтрации:

- коллаборативная фильтрация для прогнозирования неизвестных предпочтений пользователя использует известные оценки группы пользователей, которой он принадлежит;
- контентная фильтрация использует анализ и фильтрацию контента для предложения пользователю релевантных рекомендаций.

Применение кластеризации при разработке рекомендательной системы применимо во многих сферах деятельности человека и бизнесе. В работе рассмотрена задача кластеризации набора туристических продуктов (туров) с целью разработки рекомендаций для клиентов турфирмы. Предположение, на котором базируется исследование, заключается в том, чтобы выделить группы (кластеры) туров наиболее схожих по характеристикам. При разработке рекомендаций для конкретного человека можно в первую очередь предлагать туры, находящиеся в одном кластере с туром, который уже приобретен ранее этим человеком.

В работе датасет из 120 текстовых описаний туров по Республике Карелия. Авторы проанализировали текстовое описание туров и предложили набор признаков, характеризующих туры. Примеры выделенных признаков: продолжительность и стоимость тура, его тематика и включенные мероприятия, используемый транспорт, место проживания, количество раз и тип питания, .... Каждому туру был сопоставлен вектор со значениями выделенных признаков, при этом:

- категориальные признаки были приведены к числовому типу данных с помощью векторизации;
- для признаков, имеющих большое разнообразие значений (например, признак «стоимость»), предложены пороговые значения, по которым все значения признака были распределены по небольшому количеству групп.

Для определения качества кластеризации используются метрики [2; 3]:

- связность кластера  $a(i)$  (1) – среднее расстояние от объекта одного кластера до остальных объектов этого кластера;
- отделение кластера  $b(i)$  (2) – среднее расстояние от объекта одного кластера до объектов другого ближайшего кластера;
- коэффициент силуэта  $s(i) \in [-1; 1]$  (3) – метрика, объединяющая связность и отделение кластера.

Формулы для нахождения метрик для объекта  $i$  выборки:

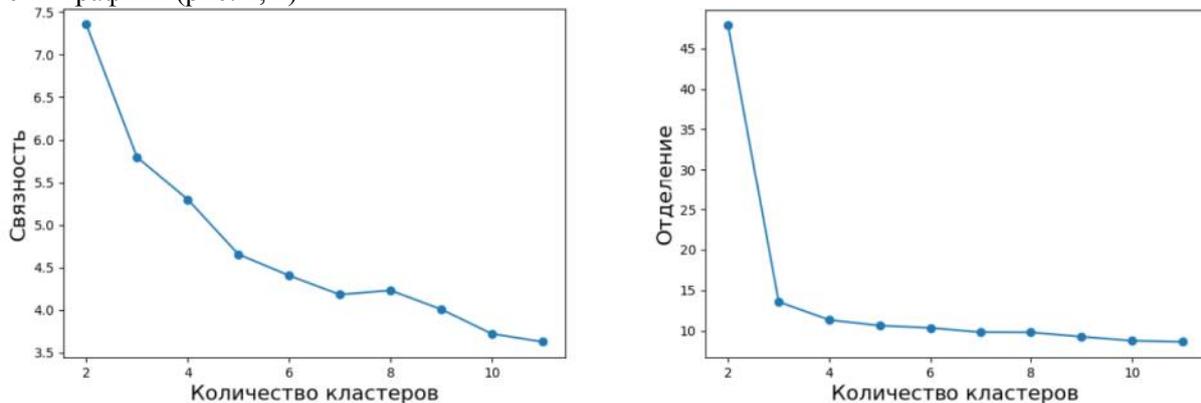
$$a(i) = \frac{1}{|C_i - 1|} \sum_{i, j \in C_i, i \neq j} d(i, j), \quad (1)$$

$$b(i) = \frac{1}{|C_j|} \sum_{j \in C_j} d(i, j), \quad (2)$$

$$s(i) = \frac{b(i) - a(i)}{\max(a(i), b(i))}, \quad (3)$$

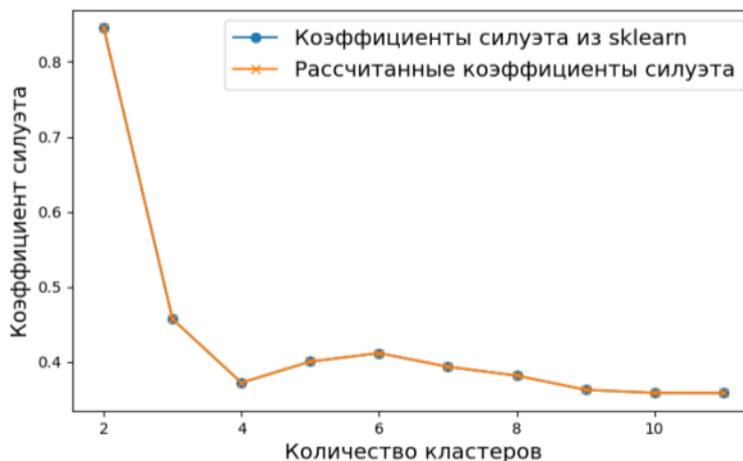
где  $C_i$  – кластер, который содержит объект  $i$ ,  $C_j$  – кластер наиболее близкий к кластеру с объектом  $i$ ,  $|C_i|$  – количество объектов в кластере,  $d(i, j)$  – евклидово расстояние между объектами. После были найдены средние значения метрик (1–3) для всех кластеров.

Метод k-средних [4] использовался при кластеризации. Для определения оптимального количества кластеров были рассмотрены значения метрик при разном количестве кластеров от 2 до 11 и получены графики (рис. 1, 2)



**Рис. 1. Графики метрик: слева – средняя связность объектов в кластере, справа – среднее отделение объектов одного кластера от объектов ближайшего другого кластера**

Также были найдены коэффициенты силуэта. Для подтверждения адекватности формул (1–3) найденные коэффициенты силуэта был сопоставлены с коэффициентами силуэта, полученные средними модуля sklearn [5]. Коэффициенты силуэта для разного количества кластеров отображены на рисунке 2.



**Рис. 2. Коэффициент силуэта при различном количестве кластеров**

Наибольшие три значения коэффициента силуэта обеспечило разделение туров на 2, 3 и 6 кластеров. Был произведен анализ туров, находящихся в разных кластерах, и были выявлены признаки, значения которых наиболее совпадают в одном кластере и отличаются в различных кластерах:

- для 2 кластеров – признак «время трансфера»;
- для 3 кластеров – признаки «время трансфера», «длительность тура»;
- для 6 кластеров – признаки: «время трансфера», «длительность тура», «ограничение по возрасту».

Предложенный в статье подход обеспечивает возможность упрощения выбора количества кластеров при применении контентной фильтрации. Применение подхода может оказаться полезным не только в сфере туризма, но и в других сферах экономической деятельности.

### Библиографический список

1. Фальк К. Рекомендательные системы на практике: практическое пособие / К. Фальк; пер. с англ. Д. М. Павлова. Москва: ДМК Пресс, 2020. 448 с.
2. Горбаченко В. И. Машинное обучение: учебное пособие / В. И. Горбаченко, К. Е. Савенков, М. А. Малахов. Москва: Ай Пи Ар Медиа, 2023. 217 с.
3. Peter J. R. Silhouettes: A graphical aid to the interpretation and validation of cluster analysis / J. R. Peter. Текст: непосредственный // Journal of Computational and Applied Mathematics. 1986. № 20. С. 53–65.
4. KMeans [Электронный ресурс]. URL: <https://scikit-learn.org/1.5/modules/generated/sklearn.cluster.KMeans.html> (дата обращения: 10.11.2024).
5. silhouette\_score [Электронный ресурс]. URL: [https://scikit-learn.org/dev/modules/generated/sklearn.metrics.silhouette\\_score.html](https://scikit-learn.org/dev/modules/generated/sklearn.metrics.silhouette_score.html) (дата обращения: 10.11.2024).

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ СЛОВ ИЗ ИХ СОКРАЩЕНИЙ

© Смирнов Н. В., Колчин М. А.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

[smirnovn@petrsu.ru](mailto:smirnovn@petrsu.ru), [kolchinm88@gmail.com](mailto:kolchinm88@gmail.com)

Затруднение синтеза речи по тексту, в котором использованы сокращения, обуславливает актуальность работы. Авторы создали датасеты и модели восстановления слов из сокращений единиц измерений и других общеупотребимых сокращений в текстах на русском языке. Приведен список протестированных моделей на основе нейронных сетей и результаты тестирования.

**Ключевые слова:** обработка естественного языка, трансформер, T5.

## ABBREVIATIONS TO WORDS RECOVERING

© Smirnov N. V., Kolchin M. A.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The difficulty of speech synthesis based on text that uses abbreviations determines the relevance of the work. The authors created datasets and models for restoring words from abbreviations of measurement units and other commonly used abbreviations in texts in Russian. A list of tested models, which are based on neural networks, and testing results are provided in the article.

**Key words:** natural language processing, transformer, T5.

В исследовании рассмотрена задача автоматической замены сокращений в текстах на русском языке. Актуальность работы обоснована тем, что синтезаторы речи, например SileroTTS, имеют трудности [1] в озвучивании следующих лингвистических конструкций:

- числительные, записанные цифровыми символами;
- специальные символы (например, знаки «%», «=», греческие буквы и т. д.);
- сокращения слов.

В работе [2] предложен и апробирован подход для решения первой задачи. В статье решается задача восстановления слова из его сокращения.

На первом этапе был создан датасет, который содержит пары предложений:

- первое предложение содержит слова, записанные в сокращенном виде (сокращения);
- второе предложение содержит восстановленные слова.

Для получения пар «слово – сокращение» и нахождения слов в тексте, которые заменяются сокращением, были созданы словари с сокращениями следующих типов:

1. Сокращения слов («году – г», «товарищ – тов.», ...).
2. Составные сокращения («кандидат технических наук – к.т.н.», ...).
3. Единицы измерений («метров – м», «паскалей – Па», ...).
4. Приставки СИ для единиц измерений («милли – м», «кило – к», ...).

Общее количество записей для словаря каждого типа указано в таблице 1.

Таблица 1

**Количество сокращений по видам**

Сокращения	Составные сокращения	Ед. измерения	Приставки
1191	95	196	25

Для создания пар «слово – сокращение» написан скрипт на языке Python. Сначала программа обращается к API Википедии [3] и получает текстовое содержимое случайных статей. Далее, текст каждой статьи токенизируется с помощью синтаксического анализатора Stanza [4], после чего в каждом предложении ищутся слова, для которых можно подобрать сокращение в соответствии с созданными словарями, причем единицы измерения могут иметь приставку. Для найденных предложений создается парное (второе) предложение с уже сокращенными словами. Эти пары предложений записываются в .csv файл при условии, что второе предложение имеет хотя бы одно сокращение, а первое изначально не содержало никаких сокращений.

Созданные пары предложений были разделены на две группы: содержащие и не содержащие единицы измерений. Связано это с тем, что единицы измерений сокращаются чаще, чем прочие слова, в результате найти исходные предложения с целиком записанными единицами измерений сложнее. Количество предложений для обучения и тестирования приведено в таблице 2, в которой также указано и количество заменяемых сокращений.

Для решения поставленной задачи с веб-ресурса Huggingface [5] были подобраны следующие нейронные сети с архитектурой трансформер:

1. ruT5-small
2. ruT5-base-multitask
3. ruT5-large
4. FRED-T5-1.7B

Обучение моделей производилось с помощью библиотеки torch на компьютере с видеокартой RTX 3060 с 12 ГБ видеопамяти, процессором Ryzen 5 5600 и 16 ГБ оперативной памяти.

При тестировании моделей метрикой качества была точность замены сокращений единиц измерения и остальных сокращений, как отношения верно замененных соответствующих сокращений к общему количеству таких сокращений в тексте (столбцы «Слова» в таблице 3). Сокращение считается верно замененным, если ему сопоставлено слово в корректной форме, т. е. у слова соблюдена верность падежа, числа, рода. Также была подсчитана точность по замене предложений, как отношение предложений, в которых верно заменены все соответствующие сокращения к общему количеству предложений с такими сокращениями (столбцы «Предл.» в таблице 3).

Таблица 2

**Количественные характеристики наборов**

Тип	Датасет (количество предложений/ количество сокращений)		
	Тренировочный	Валидационный	Тестовый
Без ед. изм.	51030 / 80583	5670 / 6943	6300 / 10074
С ед. изм.	5670 / 6500	630 / 852	700 / 949
Всего	56700 / 87083	6300 / 7795	7000 / 11023

Таблица 3

## Результаты тестирования моделей

Модель	Все		Сокращения		Ед. измерения		Время обучения (ч)
	Слова	Предл.	Слова	Предл.	Слова	Предл.	
ruT5-small	0,9209	0,788	0,9352	0,7991	0,7713	0,7006	2,5
ruT5-base-multitask	0,9262	0,8026	0,9415	0,8141	0,7723	0,7130	3,25
ruT5-large	0,9323	0,7697	0,9455	0,7770	0,7976	0,7118	21,8
FRED-T5-1.7B	<b>0,9459</b>	<b>0,8650</b>	<b>0,9571</b>	<b>0,8743</b>	<b>0,8335</b>	<b>0,7925</b>	13,3

Результаты тестирования, отображенные в таблице 3, показали, что лучше остальных моделей с заменой сокращений справилась модель FRED-T5-1.7B, которая верно заменила 10501 слов из 11101 (точность 0.9459) сокращений, затратила менее 14 часов на обучение и за 17 эпох обеспечила минимальное значение функции потерь на этапе валидации, равное  $4.4e-05$  на 15-ой эпохе (рис. 1).

На создание предложения с осуществленной заменой обученной модели FRED-T5 требуется в среднем 0.76 сек., а моделям ruT5-small, ruT5-base-multitask, ruT5-large – 0.53, 0.72, 0.92 сек. соответственно.

В дальнейшем авторы планируют провести исследования для нахождения решения задачи замены специальных символов (% , № , = , ...) на слова и задачи расстановки ударений.

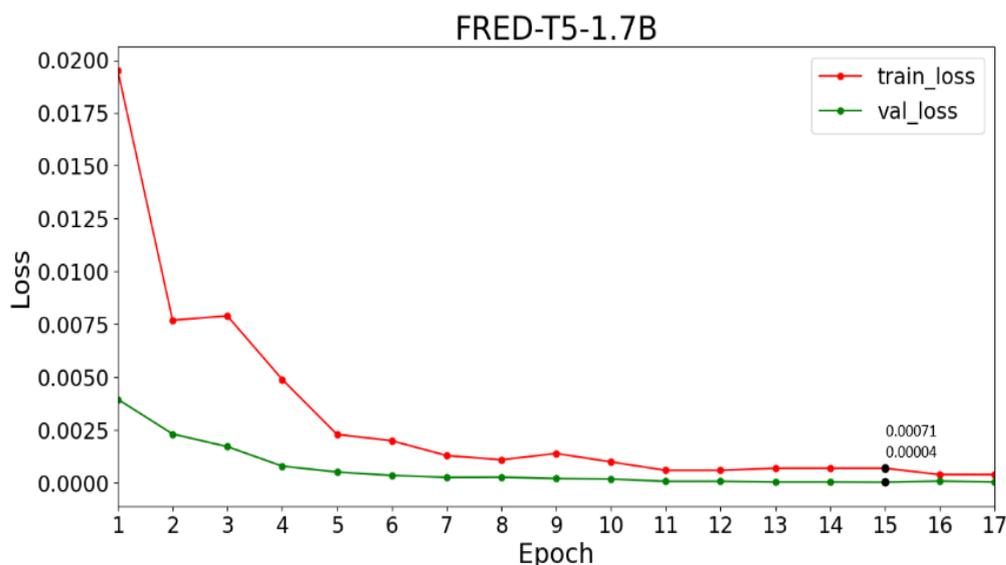


Рис. 1. Графики функции потерь модели на основе FRED-T5-1.7B

## Библиографический список

1. Хомицевич О. Г., Рыбин С. В., Аничкин И. М. Использование лингвистического анализа для нормализации текста и снятия омонимии в системе синтеза русской речи // Известия вузов. Приборостроение. 2013. № 2. С. 42–46.
2. Smirnov N. V., Kolchin M. A. Automation of Numerals Form Replacement Process [Electronic resource] // 2024 International Russian Automation Conference. IEEE. Sochi, Russian Federation, 2024. P. 954–959.
3. API MediaWiki: [Электронный ресурс] // mediawiki.org. URL: [https://www.mediawiki.org/wiki/API:Main\\_page/ru/](https://www.mediawiki.org/wiki/API:Main_page/ru/) (дата обращения: 27.08.2024).
4. Stanza: A Python NLP Library for Many Human Languages: [Электронный ресурс]. // GitHub. URL: <https://github.com/stanfordnlp/stanza> (дата обращения: 27.08.2024).
5. Text Generation: [Электронный ресурс] // huggingface.com. URL: <https://huggingface.co/tasks/text-generation> (дата обращения: 27.08.2024).

## МЕТОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДАННЫХ ИЗ ОЦИФРОВАННЫХ ДОКУМЕНТОВ

© Советный И. Д., Семёнов А. В.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
sovetniy@bk.ru

В докладе представлено исследование современных методов и подходов к извлечению данных из оцифрованных документов. Разработаны алгоритмы извлечения ключевой информации из документов.

**Ключевые слова:** извлечение данных, алгоритмы детекции объектов, OCR, машинное обучение, нейронные сети, распознавание текста.

## METHODS OF EXTRACTING DATA FROM DIGITIZED DOCUMENTS

© Sovetnyi I. D., Semenov A. V.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The report presents a study of modern methods and approaches to extracting data from digitized documents. Algorithms for extracting key information from documents have been developed.

**Key words:** data extraction, object detection algorithms, OCR, machine learning, neural networks, text recognition.

В связи с неизбежным ростом объема оцифрованных документов, возникает необходимость в разработке и применении методов, позволяющих эффективно извлекать из них полезную информацию. Эта задача становится критически важной в сферах, где работа с текстовой информацией играет ключевую роль.

На данный момент существуют следующие методы извлечения информации из оцифрованных документов:

1. *Использование оптического распознавания символов (OCR) [1].*

**Описание технологии:**

OCR (Optical Character Recognition) – метод преобразования изображения с текстом в редактируемый формат.

**Технологии:**

Tesseract, EasyOCR, ABBYY FineReader

**Применение:**

В контексте задачи извлечения информации из документов данный метод подходит лишь в тех случаях, когда неважно, какую информацию необходимо извлечь, и необходим весь текст документа.

2. *Комбинирование OCR и нейросетевых технологий обнаружения объектов на изображении [2].*

**Описание технологии:**

Использование нейронных сетей для детекции полей документов, их дальнейшая локализация и применение OCR на отдельные текстовые области.

**Технологии:**

YOLO, R-CNN, SSD + OCR

**Применение:**

Метод будет работать при двух условиях: присутствие характерных признаков у полей документа для правильной их детекции и не самое плохое качество изображения для корректного срабатывания технологий OCR.

3. *Выделение именованных сущностей [1; 3].*

**Описание технологии:**

Предварительное извлечение всей текстовой информации из оцифрованного документа для дальнейшей ее обработки при помощи модели, предназначенной для NER (Named Entity Recognition), которая выделяет основную информацию (имена, даты и т. д.).

**Технологии:**

OCR + BERT, LayoutLM

### Применение.

Использование данного метода идеально подходит для задач извлечения ключевой информации, когда важно извлекать лишь определенные данные из документов.

Все существующие сегодня методы, так или иначе, требуют наличия OCR в процессе извлечения информации, что делает систему зависимой от условий, в которых она функционирует (качество изображений, разные шрифты, ограниченный набор языков и т. д.), а модели, предназначенные для данной задачи, состоят из нескольких модулей, занимающихся OCR, обнаружением полей, обработкой текста и т. д., что может потребовать значительных вычислительных ресурсов для тренировки и использования таких моделей. Несмотря на очевидные преимущества OCR, его недостатки делают его не самым оптимальным решением для задач извлечения информации, что подчеркивает необходимость поиска альтернативных методов, таких как, например, «OCR-free» – подход, в котором OCR не принимает никакого участия в процессе извлечения информации. В связи с потребностью автоматизации данного метода, относительно недавно появились end-to-end модели машинного обучения, состоящие лишь из одного модуля. Примером такой модели является Donut (DOcumeNt Understanding Transformer) [4]. У модели довольно простая архитектура – визуальный энкодер, занимающийся токенизацией изображения, и текстовый декодер, преобразующий полученные токены в конечный результат.

### Экспериментальная часть.

Были проверены 2 метода: OCR + Object detection и OCR-free метод.

Для задачи детектирования полей документов была использована модель YOLOv5, в качестве OCR решено использовать EasyOCR, для OCR-free метода использовалась модель Donut.

Все модели были обучены на датасете MIDV-2020 [5], состоящем из 3000 изображений сгенерированных паспортов.

Первым был протестирован метод комбинирования OCR и Object detection. На вход подается изображение паспорта, модель YOLOv5 обнаруживает, где расположены все нужные поля на изображении, далее при помощи OpenCV изображение обрезается до размеров обнаруженного поля, преобразуется (происходит бинаризация изображения, удаление шумов и т. д.), при помощи библиотеки EasyOCR из полученного изображения извлекается текстовая информация. Данная операция проводится для всех обнаруженных полей.

Для демонстрации используется сгенерированный паспорт. Результаты представлены на рисунках ниже.



Рис. 1. Результаты обнаружения полей паспорта



Рис. 2. Поле документа после обработки

Следующей испробованной моделью стала Donut. На вход модели подается изображение документа, на выходе получаем всю текстовую информацию из изображения. Использовались те же изображения, что и для первого метода.

В результате работы обоих алгоритмов получаем следующую информацию:

Таблица 1

#### Результаты работы моделей машинного обучения

Поле	Оригинальный текст	YOLOv5 + EasyOCR	Donut
Имя	EERO	Cnuen	EERO
Фамилия	VUORINE	VUORINE	VUORINE
Гендер	M	M	M
Дата выдачи	11.05.2015	11 .05. 2015	11. 05. 2015
Дата окончания	11.05.2020	11.05.2020	11. 05. 2020
Дата рождения	15.04.1983	15. 04. 1983	15. 04. 1983
Номер паспорта	622300008	622300008	622300008
Национальность	FIN	FIN	FIN

Таким образом, анализируя результаты, можно сказать, что использование методов, не требующих OCR, позволяет минимизировать количество ошибок при извлечении ключевой информации из оцифрованных документов. Это связано с тем, что традиционные OCR алгоритмы напрямую зависят от качества изображения, которое может быть ухудшено из-за шумов, засветов и других факторов, негативно влияющих на точность извлечения.

#### Библиографический список

1. Давлетов А. Р. Современные методы машинного обучения и технология OCR для автоматизации обработки документов [Текст] // Международный научный журнал «ВЕСТНИК НАУКИ». Таганрог, 2023. Т. 5. № 10. С. 676–697.
2. Thilina Rajapakse Combining Optical Character Recognition and Object Detection for Document Processing // Medium [Электронный ресурс]. URL: <https://medium.com/> (дата обращения 20.10.2024).
3. Yiheng Xu LayoutLM: Pre-training of Text and Layout for Document Image Understanding / Minghao Li, Lei Cui, Shaohan Huang [и др.] // arXiv [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/> (дата обращения 20.10.2024).
4. Geewook Kim OCR-free Document Understanding Transformer / Teakgyu Hong, Moonbin Yim, Jeongyeon Nam [и др.] // arXiv [Электронный ресурс]. URL: <https://arxiv.org/> (дата обращения 23.10.2024).
5. Bulatov K. B. MIDV-2020: A Comprehensive Benchmark Dataset for Identity Document Analysis / E. V. Emelianova, D. V. Tropin, N. S. Skoryukina [и др.] // La Rochelle Université [Электронный ресурс]. URL: <http://l3i-share.univ-lr.fr/> (дата обращения 20.10.2024).

## КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫЙ КОМПОНЕНТ КОМПЛЕКСА МНОГОПЛАНОВОЙ ПОДДЕРЖКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА «КОМПОТ» ДЛЯ СБОРА СВЕДЕНИЯ О ПОЛЬЗОВАТЕЛЯХ СЛУЖБЫ RDP

© Соловьев А. В.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

[avsolov@petsu.ru](mailto:avsolov@petsu.ru)

В работе описывается компонент Комплекса многоплановой поддержки образовательного процесса «КОМПОТ», позволяющий получать с RDP-серверов список онлайн-пользователей. Этот компонент интегрируется с веб-сервисом «Кондуиты» и предоставляет возможность автоматически отмечать присутствующих на занятии студентов. Компонент построен по клиент-серверной архитектуре и использует безопасное соединение TLS с двухсторонней проверкой подлинности.

**Ключевые слова:** дистанционное обучение, кондуиты, информационно-образовательная среда.

## CLIENT-SERVER COMPONENT OF KOMPOT THE COMPLEX OF MULTI-FACETED SUPPORT OF THE EDUCATIONAL PROCESS FOR COLLECTING INFORMATION ABOUT USERS OF THE RDP SERVICE

© Soloviev A. V.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The paper describes a component of the Complex of multi-faceted support of the educational process «КОМПОТ», which allows receiving a list of online users from RDP servers. This component is integrated with the web service «Conduits» and provides the ability to automatically mark students present at the lesson. The component is built on a client-server architecture and uses a secure TLS connection with two-way authentication.

**Key words:** distant learning, conduits, information and educational environment.

Комплекс многоплановой поддержки образовательного процесса «КОМПОТ» обеспечивает централизованную аутентификацию и авторизацию пользователей, работающих в компьютерных классах физико-технического института ПетрГУ, в том числе, использующих службы удалённого подключения рабочего стола Windows (RDP) [1]. Несмотря на то, что основная часть запросов на авторизацию и аутентификацию приходится от компьютеров под управлением Linux, где имеются стандартные открытые протоколы сбора статистики об активных пользователях, в «КОМПОТ» также используются два сервера, предоставляющих службы RDP: JUPITER (на основе Microsoft Windows 2003 Server) и MERCURY (на основе Microsoft Windows 2016 Server). Для этих двух серверов необходим унифицированный и безопасный способ сбора статистики об открытых сеансах пользователей.

Представленная работа посвящена созданию двухкомпонентного клиент-серверного программного средства, интегрированного с «КОМПОТ». WinUserList Server [2] – программа-сервер, запускаемая на узле со службой RDP, предоставляет список пользователей «КОМПОТ», которые в данный момент используют эту службу. WinUserList Client [3] – программа-клиент для получения списка пользователей от программы WinUserList Server.

Для передачи данных между клиентской и серверной частью используется следующий протокол. Сведения об открытых сеансах пользователя передаются сервером в текстовом виде построчно. Каждая строка описывает один запущенный пользовательский процесс. Строка заканчивается парой символов CR («возврат каретки») и LF («перевод строки») [6]. Строка содержит имя процесса, имя пользователя и идентификатор сеанса. Поля отделяются друг от друга пробелами. Идентификатор сеанса заключается в круглые скобки. Имя пользователя состоит из домена и собственно имени пользователя, отделённых друг от друга символом обратного слэша (\). В качестве сетевого транспорта для описанного протокола используется безопасное соединение на основе протокола TLS со взаимной аутентификацией сторон.

Программа WinUserList Server предназначена для запуска в качестве службы Windows-сервера. Необходимые настройки для программы указываются в системном реестре: TCP-порт, собственный сертификат и закрытый ключ программы, сертификат удостоверяющего центра сертификации. Программа ожидает подключения клиента на указанном порту. После установления соединения осуществляется квитирование TLS с проверкой подлинности удалённой стороны. При успешном квитировании программа запрашивает у системы список всех запущенных процессов и отправляет сведения о них в сетевое соединение в соответствии с описанным протоколом, после чего соединение завершается. Программа разработана на языке высокого уровня C++ для исполнения под Windows. Для реализации протокола TLS использована библиотека OpenSSL.

Программа WinUserList Client предназначена для запуска в POSIX-среде (в Linux) в неинтерактивном контексте веб-сервера или демона запуска заданий по расписанию cron. Необходимые настройки для программы указываются в командной строке запуска: адрес сервера, TCP-порт сервера, собственный сертификат и закрытый ключ программы, сертификат удостоверяющего центра сертификации. Программа устанавливает TLS-соединение по указанному адресу, проверяет подлинность удалённой стороны и выводит на стандартный вывод полученные от удалённой стороны строки. При разрыве соединения программа завершается. Выданный на стандартный вывод текст обрабатывается сценариями «КОМПОТ» для дальнейшего анализа и визуализации в интерфейсе веб-сервиса

«КОМПОТ». Программа разрабатывалась на языке высокого уровня C для исполнения в POSIX-совместимой среде. Для реализации протокола TLS использована библиотека OpenSSL.

Кроме административного учёта сеансов, полученные данные могут быть использованы в подсистеме «КОМПОТ» – веб-сервисе учёта посещаемости и успеваемости «Кондуиты» [4]. Преподаватель, ведущий «конduit», имеет возможность автоматически отметить присутствие на лабораторном занятии в компьютерном классе всех студентов, для которых в данный момент открыты RDP-сеансы или сеансы на компьютерах под управлением Linux. Это позволяет избежать «переключки» и, таким образом, экономить аудиторное время. Впоследствии при необходимости преподаватель может выполнить экспорт отметок о посещении из «Кондуитов» в «Портфолио обучающихся в ПетрГУ» при помощи разработанного ранее инструмента [5].

#### **Библиографический список**

1. Соловьев А. В. Опыт миграции ядра аутентификации и авторизации информационно-образовательной среды с OpenLDAP и Kerberos на Samba [Текст] // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2020. Т. 6. № 4. С. 50–56.
2. WinUserList Server [Текст]: свид-во о гос. регистрации программы для ЭВМ / А. В. Соловьев; правообладатель ФГБОУВО «Петрозаводский государственный университет». № 2024663388; заявл. 20.05.2024; опубли. 06.06.2024. 1 с.
3. WinUserList Client [Текст]: свид-во о гос. регистрации программы для ЭВМ / А. В. Соловьев; правообладатель ФГБОУВО «Петрозаводский государственный университет». № 2024663383; заявл. 20.05.2024; опубли. 06.06.2024. 1 с.
4. Мошевикин А. П., Соловьев А. В. Web-сервис учёта посещаемости и успеваемости «Кондуиты» // Материалы научно-метод. конф. «Университеты в образовательном пространстве региона: опыт, традиции и инновации» (21–23 ноября 2007 г.). Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2007. Ч. II (Л–Я). С. 117–118.
5. Соловьев, А. В. Автоматизированный экспорт отметок о посещении из веб-сервиса «Кондуиты» в «Портфолио обучающихся в ПетрГУ» [Текст] // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе: материалы XIV всероссийской научно-практической конференции (1–4 декабря 2020 года). Петрозаводск, 2020. С. 150–153.
6. Дунаев С. UNIX-сервер: настройка, конфигурирование, работа в операционной среде, Internet-возможности: практическое пособие. В 2 т. Т. 1.

## **ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА»**

© Соловьев А. В., Мошевикин А. П.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[avsolov@petrsu.ru](mailto:avsolov@petrsu.ru)

Для студентов 1-го курса специальности 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» разработан практикум, включающий 5 лабораторных работ. Цель прохождения практикума – познакомить обучающихся с UNIX-подобной операционной системой Linux и кроссплатформенными средствами разработки, продемонстрировать возможности простейших микроконтроллерных устройств на примере Arduino и TinkerCAD, а также спроектировать и реализовать управление ЧПУ-станком с помощью инструкций языка G-код.

**Ключевые слова:** ИВТ, Unix, Ардуино, G-код, практикум.

## LABORATORY PRACTICAL TRAINING AS INTRODUCTION TO THE SPECIALTY OF STUDENTS MAJORING IN «INFORMATICS AND COMPUTER ENGINEERING»

© Soloviev A. V., Moschevikin A. P.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

For first-year students majoring in 09.03.01 «Informatics and Computer Engineering», a practical course has been developed, including 5 laboratory assignments. The purpose of the practical course is to introduce students to the Linux operating system and cross-platform development tools, demonstrate the capabilities of the simplest microcontroller devices using Arduino and Tinkercad as an example, and design and implement control of a CNC machine using G-code instructions.

**Key words:** Informatics and Computer Engineering, Unix, Arduino, G-code, laboratory works.

Учебный план подготовки студентов направления 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» 1-го курса включает распределённую учебную практику в количестве 72 часа (2 зачетных единицы). Задача этой практики – познакомить студентов с теми проблемами, которые приходится решать современному IT-специалисту. Поскольку круг таких проблем очень широк, то и лабораторные работы этого практикума оказываются очень «разношёрстными». Для студентов физико-технического института Петрозаводского государственного университета предлагается практикум из пяти лабораторных работ.

Первые две лабораторные работы посвящены знакомству с UNIX-подобными операционными системами. Третья лабораторная работа посвящена инструментам разработки и отладки программ (в первую очередь, на языке Си). В четвёртой лабораторной работе студенты осваивают онлайн-САПР Tinkercad и получают навыки разработки систем на основе Arduino. И, наконец, пятая лабораторная работа знакомит студентов с системами с числовым программным управлением (ЧПУ).

История развития операционных систем (ОС) типа UNIX насчитывает уже более 50 лет. Этот тип ОС доминирует в сегменте серверных и высокопроизводительных вычислительных систем, а также занимает существенную долю в сегменте встроенных систем. Нельзя не отметить, что наиболее популярная ОС для мобильных устройств – Android – также основана на UNIX-подобном ядре Linux. Именно поэтому в первых двух лабораторных работах учебной практики студенты занимаются освоением среды UNIX-подобной ОС GNU/Linux.

В первой работе вводятся базовые понятия ОС: терминал, сеанс, процесс, задание, сигнал и т. п. Студенты изучают справочную систему по командам, знакомятся с информационными командами, командами управления заданиями и процессами, получают навыки использования перенаправления ввода-вывода и составления конвейеров команд.

Вторая работа делает акцент на устройстве файловых систем UNIX-подобных ОС. В ней описываются логическая организация файловых систем UNIX и физическая организация на примере файловой системы EXT2, традиционная система контроля доступа к файлам, команды для манипулирования файлами и каталогами, а также система управления доступом к файлам на основе списков контроля доступа POSIX ACL. Этот материал позволяет в будущем развить умения и навыки администрирования вычислительных систем такого типа.

В третьей лабораторной работе студенты знакомятся с инструментами для отладки и сборки программных средств: отладчиком GNU Debugger и утилитой make для автоматизации процесса сборки программного обеспечения. Обе программы являются свободным программным обеспечением. Студенты знакомятся с понятиями отладочной информации, контрольных точек, узнают команды отладчика для пошагового исполнения и просмотра состояния программы в ходе её исполнения. Учащимся предлагается с помощью отладчика найти ошибку в предложенной программе.

Для сборки многомодульных проектов зачастую используются сценарии для утилиты make. Во второй части данной лабораторной работы студенты знакомятся с форматом и синтаксисом этих сценариев. Учащимся предлагается разделить представленный код на несколько модулей и написать сценарий сборки этой программы. Также студентам на выбор предлагается собрать из исходных кодов какое-нибудь распространённое свободное программное средство (bc – калькулятор для чисел с произвольной точностью, unzip – архиватор, units – программу преобразования величин из разных единиц измерения и т. п.).

Свободная онлайн-система автоматизированного проектирования Tinkercad, которую студенты осваивают в четвёртой лабораторной работе, среди прочего функционала (например, 3D-моделирования) реализует также среду моделирования электронных схем, систем на основе микроконтроллеров Arduino Uno, чипов ATtiny и одноплатных компьютеров Micro:bit. В визуальном редакторе электронных схем Tinkercad студенты создают на основе Arduino Uno простейшее устройство, управляющее свечением нескольких светодиодов. Также в Tinkercad встроен редактор кода Arduino, в котором создаётся встроенное программное обеспечение для разрабатываемой системы. В результате студенты получают симуляцию работы этого кода на созданной ими модели системы. Эта лабораторная работа даёт студентам первичные навыки схемотехники и разработки встроенного программного обеспечения.

Пятая лабораторная работа знакомит студентов с принципами числового программного управления, с языком G-кодов (ISO 6983-1:2009, ГОСТ 20999-83), с САМ-системами. В отличие от типичных практикумов, ориентированных на подготовку специалистов для наладки и обслуживания ЧПУ-станков [1–3], в данной работе делается акцент на подготовку программистов. Принципы функционирования ЧПУ-станка студенты изучают на примере макета учебного трёхкоординатного ЧПУ-станка общего назначения. В основе конструкции этого станка – алюминиевый профиль сечением  $80 \times 20$  мм<sup>2</sup>. Габаритные размеры станка (X×Y×Z) –  $1200 \times 1670 \times 460$  мм<sup>3</sup>. Рабочее поле (X×Y) –  $780 \times 1100$  мм<sup>2</sup>. Каретка может перемещаться вдоль консоли (оси X), а консоль вдоль длинного габарита установки (оси Y). На каретке закрепляется инструмент, который может опускаться и подниматься (перемещаться вдоль оси Z). В лабораторной работе в качестве рабочего инструмента используется маркер (фломастер).

ЧПУ-станком управляет модуль, ранее разработанный сотрудниками кафедры информационно-измерительных систем, электроники и автоматики для автоматизированного комплекса GeRDA (комплекс для геохимических исследований и документирования, производитель ООО «Лаб127») [4; 5]. В основе управляющего модуля – контроллер LEKN 3.2 на микроконтроллере ATmega328P и микрокомпьютер Raspberry Pi 3B+. Контроллер LEKN 3.2 управляет четырьмя шаговыми двигателями установки и в качестве встроенного программного обеспечения использует свободную реализацию интерпретатора G-кодов для Arduino – G-code Realtime Boot Loader (GRBL, «грибл»). GRBL считывает инструкции G-кодов из последовательного порта, которым контроллер через интерфейс USB соединён с микрокомпьютером Raspberry Pi 3B+. Микрокомпьютер работает под управлением операционной системы Debian GNU/Linux и используется в качестве пульта оператора для подготовки и визуализации программ в G-кодах.

В ходе работы студенты изучают принципы функционирования ЧПУ-станка, знакомятся с языком программирования и управления, настраивают установку, продумывают последовательность команд движения каретки станка для того, чтобы установка «прошла» по заданному маршруту и нарисовала требуемый чертёж. Учащиеся готовят выбранную картинку (типа «домик», «машинка», «лампочка», ...) в векторном редакторе Inkscape, учитывают настройки станка, конвертируют картинку в последовательность команд G-кода и отправляют реализованный сценарий в модуль управления ЧПУ-станком.

Если остальные лабораторные работы выполняются студентами индивидуально, то эта лабораторная работа проводилась в группах по 2-3 человека. В 2024 году все студенты, вышедшие на практику (27 чел.), успешно с ней справились.



*Рис. 1. Студенты 1 курса и доцент КИИСЭиА А. В. Соловьев за учебным ЧПУ-станком (фото А. П. Моцеевской)*

Таким образом, предлагаемый для учебной практики лабораторный практикум содействует формированию первичных профессиональных умений обучающихся по направлению 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника».

#### **Библиографический список**

1. Мазеин П. Г., Панов С. С. Информационные технологии в обучении технологов, наладчиков и операторов оборудования с ЧПУ // Вестник Марийского гос. университета. 2010. № 5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnye-tehnologii-v-obuchenii-tehnologov-naladchikov-i-operatorov-oborudovaniya-s-chpu> (дата обращения: 15.05.2024).
2. Калякулин С. Ю., Кудяев С. П. Использование информационных технологий для изучения программирования станков с ЧПУ // Наука. Общество. Оборона. 2018. № 3 (16). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-informatsionnyh-tehnologiy-dlya-izucheniya-programirovaniya-stankov-s-chpu> (дата обращения: 15.05.2024).
3. Родионов В. В., Шумейко И. А. Исследование возможностей компьютерного класса станков с ЧПУ // Наука и техника Казахстана. 2015. № 1-2. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vozmozhnostey-kompyuternogo-klassa-stankov-s-chpu> (дата обращения: 15.05.2024).
4. Моцеевский А. П., Соловьев А. В. GeRDA – комплекс автоматизации геохимических исследований и документирования // Control Engineering Россия. 2020. № 4. С. 63–69.
5. Соловьев А. В., Моцеевский А. П. Сетевая инфраструктура автоматизированного комплекса для геохимических исследований и документирования (GeRDA) // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе: материалы XV всероссийской научно-практической конференции (30 ноября – 03 декабря 2021 года). Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2021. С. 118–121.

## **ПРИМЕНЕНИЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ АТРИБУЦИИ ТЕКСТОВЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ**

© Терещенко Е. А., Рогов А. А.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[lisfox94@mail.ru](mailto:lisfox94@mail.ru)

В работе рассматривается применение факторного анализа и метода опорных векторов (SVM) для атрибуции текстовых произведений на основе частоты встречаемости частей речи или частоты встречаемости слов. Факторный анализ выделяет скрытые особенности текстов, которые могут служить признаками авторства, а SVM классифицирует тексты на основе этих признаков.

**Ключевые слова:** факторный анализ, метод опорных векторов (SVM), атрибуция текстов, частотность частей речи, частота встречаемости слов.

## APPLICATION OF FACTOR ANALYSIS FOR ATTRIBUTION OF TEXT WORKS

© Tereshchenko E. A., Rogov A. A

Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The paper examines the application of factor analysis and support vector machine (SVM) for text attribution based on the frequency of parts of speech or word frequency. Factor analysis identifies hidden features of texts that can serve as signs of authorship, and SVM classifies texts based on these features.

**Key words:** factor analysis, support vector machine (SVM), text attribution, frequency of parts of speech, word frequency.

В условиях информационной перегрузки и всё возрастающей роли цифровых текстовых данных, вопросы анализа текстов, а в частности – установления авторства – становятся более актуальными. Для определения истинного автора текста зачастую приходится обращаться к экспертам, которые могут определить принадлежность произведения другому автору при помощи характерных языковых особенностей и различных стилистических приёмов. Несомненно, этот способ является трудоёмким и требует улучшения с помощью использования программных средств [1, с. 18–21]. С развитием статистических и компьютерных средств сформировались новые методы атрибуции текстов, которые используются и улучшаются и по сей день, но пока не достигли достаточной эффективности в этой области.

В данной статье рассматривается применение комбинации факторного анализа и метода опорных векторов (SVM) для атрибуции текстовых произведений на основе частоты встречаемости частей речи или частоты встречаемости слов. Идея факторного анализа для атрибуции текстовых произведений заключается в использовании статистических методов для выявления характерных «факторов» или особенностей в текстах, которые могут служить признаками авторства. Процесс факторного анализа для текстовых произведений включает в себя следующие этапы:

1. Работа с корпусом текстов. Корпус должен включать произведения разных авторов.
2. Выбор характеристик. Определяются характеристики текста, на основе которых проводится анализ. В данном случае, основными характеристиками являются частотность частей речи, таких как существительные, прилагательные, глаголы и т. д. А также частота встречаемости слов, например: и, что, не, они и т. д.
3. Создание датасетов. Создаётся таблица, где строки представляют тексты, а столбцы – частотность различных частей речи в этих текстах или частотные слова.
4. Факторный анализ. Применяется для выделения скрытых факторов, объясняющих вариацию – в частотности частей речи между текстами.
5. Использование SVM на факторных данных. Полученные факторы используются в качестве признаков для обучения метода опорных векторов (SVM). SVM классифицирует тексты на основе их признаков, позволяя определить авторство каждого текста.
6. Интерпретация результатов. После классификации текстов с помощью SVM происходит интерпретация результатов. Оценивается, насколько хорошо модель смогла определить авторство текстов на основе частотности частей речи или частоте встречаемости слов. Также проводится анализ вклада каждой части речи для нахождения различий между авторами, что может помочь в понимании стилистических особенностей каждого автора.

Для реализации факторного анализа были использованы тексты из информационной системы «Статистические методы анализа литературного текста» (ИС «СМАЛТ»), которая является базой данных литературных произведений с морфологическим и синтаксическим параметрами, объёмом до 300 текстов из публицистики 60–70 годов XIX века («Время», «Эпоха», «Гражданин» и др.) [2, с. 105–107]. Количество задействованных текстов Достоевского составляет 48 произведений, других авторов – 47. Использовались тексты Ф. М. Достоевского, М. М. Достоевского, В. П. Мещерского, А. Григорьева, Н. Н. Страхова и других авторов. Все тексты объединялись в общий корпус, на котором строились датасеты, а именно:

- по частоте встречаемости речи;
- по частоте встречаемости биграмм;
- по частоте встречаемости слов.

На основании проведенного исследования были сделаны следующие выводы: более информативно применение факторного анализа на текстах с биграммami, чем с частотными характеристиками. В целом, полученные данные факторного анализа и SVM на этих характеристиках не могут быть использованы для атрибуции.

При использовании частотных слов выявилось явное разделение между Ф. М. Достоевским и М. М. Достоевским. Несмотря на это, результаты требуют доработок на основании других, дополнительно реализованных наборов признаков для апробации факторного анализа в рамках атрибуции тестовых произведений.

#### **Библиографический список**

1. Дроздова И. И. Определение авторства текста по частотным характеристикам / И. И. Дроздова, А. Д. Обухова. Текст: непосредственный // Технические науки в России и за рубежом: материалы VII Междунар. науч. конф. (г. Москва, ноябрь 2017 г.). Москва: Буки-Веди, 2017. С. 18–21. URL: <https://moluch.ru/conf/tech/archive/286/13237/> (дата обращения: 05.11.2024).
2. Рогов А. А. Проблема атрибуции в журналах «Время», «Эпоха» и еженедельнике «Гражданин»: [монография] / А. А. Рогов, Р. В. Абрамов, Д. Д. Бучнева, О. В. Захарова, К. А. Кулаков, А. А. Лебедев, Н. Д. Москин, А. В. Отливанчик, Е. Д. Савинов, Ю. В. Сидоров. Петрозаводск: Издательство «Острова», 2021. С. 105–107.

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ТАКСАЦИИ**

© Фалев А. С., Черехович А. В., Рего Г. Э.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

[alexey000035@gmail.com](mailto:alexey000035@gmail.com), [alexei.cehrehovichmail.eu@gmail.com](mailto:alexei.cehrehovichmail.eu@gmail.com); [regoGr@yandex.ru](mailto:regoGr@yandex.ru)

Лесная промышленность Республики Карелия требует точного измерения деревьев для планирования лесозаготовок и отбора древесины по специфическим назначениям. В настоящее время измерение диаметра деревьев проводится вручную с фиксацией данных на бумаге, что ведет к временным потерям, ошибкам и затруднениям в неблагоприятных погодных условиях. Для решения этих проблем предлагается разработать приложение для голосового ввода данных и их передача в различных форматах (PDF, XLSX) с возможностью интеграции с мобильным приложением. Устройство будет включать голосовое управление, графический интерфейс, водонепроницаемость и высокую точность измерений ( $\pm 1$  мм). Анализ аналогов показал, что существующие решения не всегда отвечают этим требованиям. Данное приложение на основе технологий Java и инструментов машинного обучения (Weka, MOA, Deeplearning4j) обеспечит более доступное и универсальное решение для лесного хозяйства Карелии

**Ключевые слова:** мерная вилка, голосовое управление.

## **DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION FOR AUTOMATION OF THE TAXATION PROCESS**

© Falev A. S., Cherekhovich A. V., Rego G. E.

Petrozavodsk State University

Petrozavodsk

The forestry industry of the Republic of Karelia requires precise tree measurements for logging planning and selective wood harvesting. Currently, tree diameter measurement is conducted manually, with data recorded on paper, leading to time delays, errors, and difficulties in adverse weather conditions. To solve these problems, it is proposed to develop an application for voice data entry and its transmission in various formats (PDF, XLSX) with the ability to integrate with a mobile application. The device will include voice control, a graphical interface, water resistance, and high measurement accuracy ( $\pm 1$  mm). An analysis of existing solutions showed that current devices do not always meet these requirements. This application, based on Java technologies and machine learning tools (Weka, MOA, Deeplearning4j), will provide a more accessible and universal solution for the forestry of Karelia.

**Key words:** measuring fork, voice control.

Лесная промышленность является ключевой отраслью экономики Республики Карелия, что обусловлено наличием обширных лесных массивов. Важной частью лесного хозяйства является таксация – комплексный процесс учёта лесных ресурсов, включающий оценку состояния, продуктивности лесных участков и их бонитета, то есть качества леса с точки зрения его роста и полезности. В настоящее время на лесохозяйственных предприятиях региона проводятся измерения деревьев для планирования лесозаготовок, выбора деревьев по специальным назначениям (например, для мебельной индустрии, заготовки дров), а также для сбора статистических данных. Одним из важных этапов этих процессов является измерение диаметра деревьев. Основным инструментом, используемым в лесном хозяйстве и таксации, является механическая лесная мерная вилка [1]. С её помощью измеряется диаметр деревьев, а результаты фиксируются на бумажных носителях, которые затем вручную переносятся в электронный формат.

Процесс измерений состоит следующих действий: двое таксаторов подходят к дереву; выполняется измерение диаметра дерева с использованием мерной вилки; измеренные значения записываются на бумажный носитель (блокнот); ручные записи переносятся в электронный формат. Такой подход сопряжен с рядом существенных недостатков, особенно в неблагоприятных погодных условиях, таких как низкие температуры зимой (когда работа в перчатках затрудняет процесс записи) и дождливая погода (что может привести к смазыванию записей). Основные проблемы текущего метода измерений включают:

1. Значительные затраты времени на выполнение одного замера.
2. Сложности переноса данных в электронный формат.
3. Риск ошибок и неточностей при ручном вводе данных в электронные таблицы.

Для того, чтобы снизить влияние этих факторов на эффективность таксации, необходимо разработать автоматизированную технологию измерения данных о лесных насаждениях и обработки данных. В частности, можно рассмотреть разработку электронной мерной вилки. Функционал устройства представлен в таблице 1.

Таблица 1

#### Основной функционал устройства

Функция	Описание
Голосовой ввод результатов измерения в мобильное приложение	Результаты измерения диаметра дерева заносятся в мобильное приложение с помощью голоса и сохраняются в памяти устройства
Автоматическая конвертация в широко-распространенные форматы: pdf, xlsx и другие	Система автоматически преобразует данные в популярные форматы для упрощения анализа и обмена
Голосовое управление для упрощения процесса измерения	Встроенная система распознавания команд позволяет управлять измерениями без участия рук

Эта разработка позволит значительно повысить эффективность измерений, сократить затраты времени и минимизировать риски ошибок при передаче данных за счет исключения ручной записи результатов измерения на бумагу и дальнейший, также ручной, перенос данных в электронные таблицы. Для решения проблемы мы начали с анализа существующих аналогов электронных измерительных вилок [3–7]. Наличие процессора и блока памяти в устройстве электронной мерной вилки позволяет вычислять средний диаметр дерева и хранить полученные значения в памяти устройства [2]. Основными игроками на рынке являются производители из скандинавских стран, таких как Швеция и Норвегия. Проведенный анализ позволил выявить следующие характеристики моделей электронных мерных вилок, включая их вес, стоимость, диапазон измерений, защиту от воды, тип аккумулятора, память, комплектацию и возможности связи. Все устройства имеют схожую погрешность измерений ( $\pm 1$  мм) и защиту от воды (IP67), но различаются по таким параметрам, как стоимость (от 142000 до 330000 рублей), диапазон измерений, поддержка голосового управления, тип аккумуляторов и наличие дополнительных функций (например, встроенные порты, приложения для телефонов или GPS). Анализ показал наличие следующих недостатков существующих решений:

1. Трудности с покупкой из-за санкций.
2. Высокая стоимость.

### 3. Отсутствие всех требуемых функций в однойвилке.

На основе анализа аналогов мы планируем разработать приложение, которое будет соответствовать всем заявленным требованиям, включая преимущества существующих моделей, и дополнительно обеспечивать необходимые функции для достижения оптимального результата. Характеристики приложения описаны в таблице 2.

Таблица 2

**Характеристики приложения с голосовым управлением**

Характеристика	Значение
Стоимость	<30000 рублей
Голосовое управление	Есть
Связь	Беспроводная: Bluetooth, wifi
Выгрузка данных	pdf, xlsx и другие
Управление	Голосовое, ручное
Графический интерфейс	В приложении с разными темами

Реализовав все эти функции, мы создадим приложение, доступное для использования в текущих условиях. Для разработки мобильного приложения применяется язык программирования Java. Данный язык был выбран из-за его кроссплатформенности - после написания кода приложения, его можно будет запускать практически на любом устройстве благодаря Java Virtual Machine (JVM). В качестве основной среды разработки используются Android Studio и Android SDK. Благодаря своей популярности данные среды разработки поддерживаются разработчиками, а также сообществом, что облегчает поиск информации по написанию кода. При необходимости, помимо основных плагинов и библиотек, могут быть подключены дополнительные.

Для реализации задач машинного обучения применяются инструменты Weka, MOA и Deeplearning4j. Для решения задачи распознавания речи в данном проекте мы будем использовать библиотеку RocketSphinx, которая является эффективным инструментом для распознавания речи на основе скрытых марковских моделей. Реализация будет осуществлена на языке программирования Python, что обеспечит гибкость и удобство интеграции разработанной системы с другими модулями и сервисами.

#### Библиографический список

1. Южаков Д. С. Инструмент для измерения диаметра стволов деревьев на основе оптических закономерностей // Лесохозяйственная информация. 2020. № 1. С. 40–46.
2. Васильев А. С., Лукашевич В. М., Шегельман И. Р., Суханов Ю. В. Мерная вилка со встроенным маркером // Инженерный вестник Дона. 2015. № 2. С. 78–86.
3. Вилка мерная электронная Haglof (Швеция) 80см // Лесхозмаш URL: [http://shop.lhm-pushkino.ru/index.php?route=product/product&product\\_id=66](http://shop.lhm-pushkino.ru/index.php?route=product/product&product_id=66) (дата обращения: 10.11.2024).
4. Электронная мерная вилка Masser Racal TWC // Леснаб URL: <http://www.lessnab.karelia.ru/massertwc.htm> (дата обращения: 10.11.2024).
5. Электронная мерная вилка Haglof MD II // АДС лаб URL: <https://baikallab.ru/catalog/more?more=2913&cat=300> (дата обращения: 10.11.2024).
6. Вилки мерные и принадлежности // Haglof URL: <http://www.haglofrus.ru/products/vilki-mernye/> (дата обращения: 10.11.2024).
7. Вилки мерные электронные Haglof // Мера М Прайм URL: <http://megamp.ru/shop/folder/34296206> (дата обращения: 10.11.2024).

## РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДИРИЖАБЛЕМ

© Халяпин Д. В., Саволайнен В. А., Рего Г. Э.

Петрозаводский государственный университет

Петрозаводск

[danili1998@mail.ru](mailto:danili1998@mail.ru), [savolay@yandex.ru](mailto:savolay@yandex.ru), [regoGr@yandex.ru](mailto:regoGr@yandex.ru)

С ростом труднодоступных лесных территорий предприятия нуждаются в новых методах заготовки и транспортировки древесины, которые смогут снизить экономические издержки и повысить экологич-

ность. Одним из перспективных решений является аэростатно-канатная система (АКС), позволяющая перемещать древесину с минимальным воздействием на лесную среду. Для управления АКС предлагается мобильное приложение, которое автоматизирует и синхронизирует работу системы, позволяя одному оператору контролировать процесс. Внедрение данной системы обещает значительно сократить эксплуатационные расходы, что делает её привлекательной альтернативой для лесной промышленности. Перспективы использования АКС также включают патрулирование территорий и мониторинг состояния лесных ресурсов.

**Ключевые слова:** лесная промышленность, аэростатно-канатная система, мобильное приложение, дирижабль.

## DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION FOR CONTROLLING AIRSHIP

© Khalyapin D. V., Savolainen V. A., Rego G. E.

Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

As accessible forest areas decrease, companies are looking for alternative logging and transportation methods to reduce economic costs and increase environmental sustainability. One promising solution is the tethered aerostat system (TAS), which enables wood transportation with minimal environmental impact. A mobile application is proposed to manage the TAS, automating and synchronizing operations, allowing a single operator to control the process. Implementing this system can significantly reduce operational costs, making it an attractive alternative for the forestry industry. The TAS also holds potential for use in area patrolling and monitoring forest resources.

**Key words:** forestry industry, tethered aerostat system, mobile application, airship.

Для некоторых регионов России лесная отрасль играет ключевую роль в экономике. По мере того, как легкодоступные лесные площади сокращаются, предприятия вынуждены перемещать заготовительные работы на более труднодоступные территории, где зачастую присутствуют водоемы, болота и гористая местность с перепадами высот. Это вызывает проблемы с обеспечением отрасли древесиной, доступной для рентабельной добычи. В связи с этим необходимо искать альтернативные методы заготовки и транспортировки древесины, которые бы снизили экономические издержки, повысили экологичность и технологичность процессов. Одним из способов увеличения эффективности является разработка и внедрение техники, обладающей небольшой массой [2]. Другой альтернативой является аэростатно-канатная система (АКС) [3].

Принцип работы АКС (Рис. 1) заключается в установке лебедочных механизмов (ЛМ) по периметру территории планируемой рубки леса. Канаты крепятся к аэростату и управляют его перемещением посредством контроля их натяжения и отпускания. Однако использование АКС без приложения требует наличия оператора у каждого ЛМ. В целях оптимизации процесса управления предлагается разработать мобильное приложение, которое сможет автоматизировать и синхронизировать работу ЛМ, позволяя управлять системой одному оператору с помощью мобильного устройства.

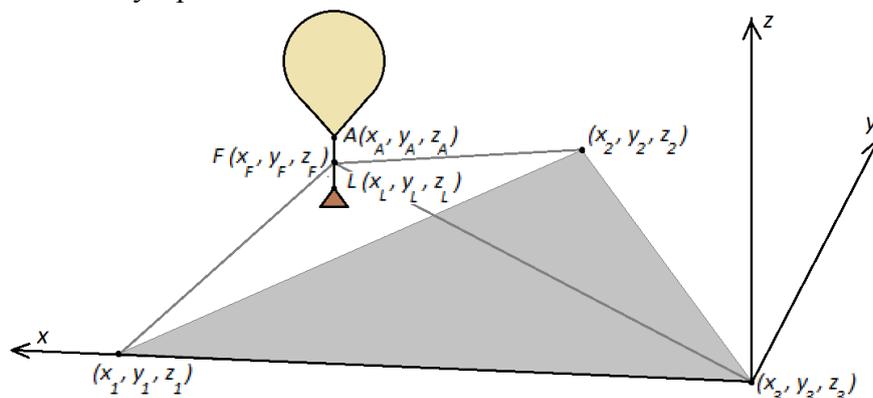


Рис. 1. Схема АКС

В таблице 1 представлено дополнительное оборудование, которое потребуется для успешной работы приложения.

Таблица 1

**Список вспомогательного оборудования для работы приложения**

Модуль АКС	Наименование оборудования	Назначение
Цифровой инклинометр	ZOLLNER ZE1-1	Определяет угол и амплитуду крена, состояние стабильности судна, а также следит за устойчивостью груза
Тросовый счетчик	МИД 20 Патриот	Измеритель длины кабеля МИД 20 Патриот предназначен для подсчёта длины кабеля, провода, троса, верёвки и прочих длиннономерных материалов
Тензодатчики сжатия/растяжения	YZC-516C или Zemic S-type load cell	S-образные датчики работают на принципе измерения деформации под нагрузкой. Они легко интегрируются с тросами и обеспечивают высокую точность измерения. S-образные датчики устанавливаются на каждый трос между лебедкой и аэростатом. При натяжении они передают точные данные о нагрузке в реальном времени
GPS модуль	SIM808/800 (GSM+GPS)	Модуль, который совмещает GPS и GSM связь, что позволяет получать данные о координатах и передавать их по сотовой сети на ваш сервер или устройств
Анемометр	FT742-SM от FT Technologies	Датчик ветра FT743 Surface Mount (SM) предназначен для OEM-интеграции в широкий спектр инженерных систем и оснащен компасом и нагревателем. Датчик используется в БПЛА, беспилотниках, парусных яхтах, военных транспортных средствах, автономных роботах
GPS с поддержкой измерения высоты (на аэростат)	u-blox NEO-M8N	Популярный GPS-модуль, который может измерять высоту наряду с координатами. Модуль способен работать с различными спутниковыми системами и подходит для отслеживания высоты на большой дистанции. Модуль GPS может быть подключен к контроллеру с поддержкой передачи данных (например, GSM или LoRa), что позволит передавать данные о высоте на удаленное устройство
Одноплатные компьютеры	Raspberry Pi	Модуль для сбора сигналов от всех модулей (анемометр, GPS с высотой, и цифровой инклинометр), можно использовать микроконтроллер или одноплатный компьютер в качестве центрального узла для обработки и объединения данных
LoRa-модули с усилителем	RA-02 или SX1278	Модули низкочастотной передачи данных, которые обеспечивают связь на большие расстояния, до нескольких километров в условиях прямой видимости, а в лесу – до 1–3 км. Усилители увеличивают мощность передачи и позволяют лучше пробивать препятствия, такие как деревья

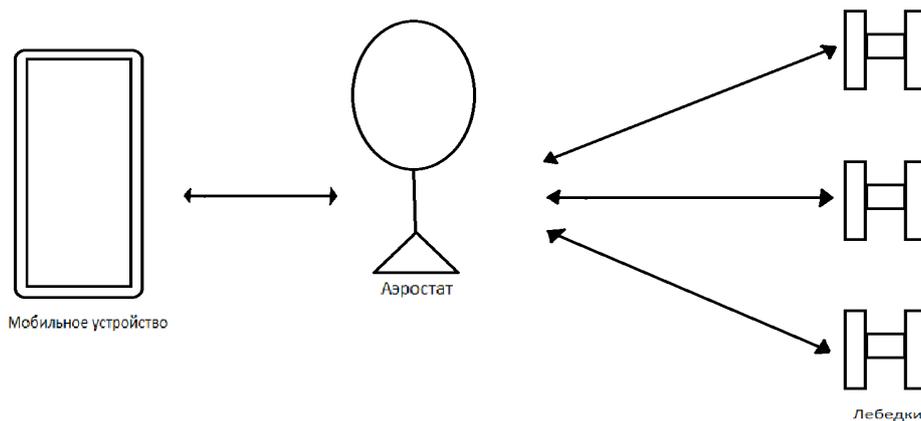
Список функций приложения представлен в таблице 2.

Таблица 2

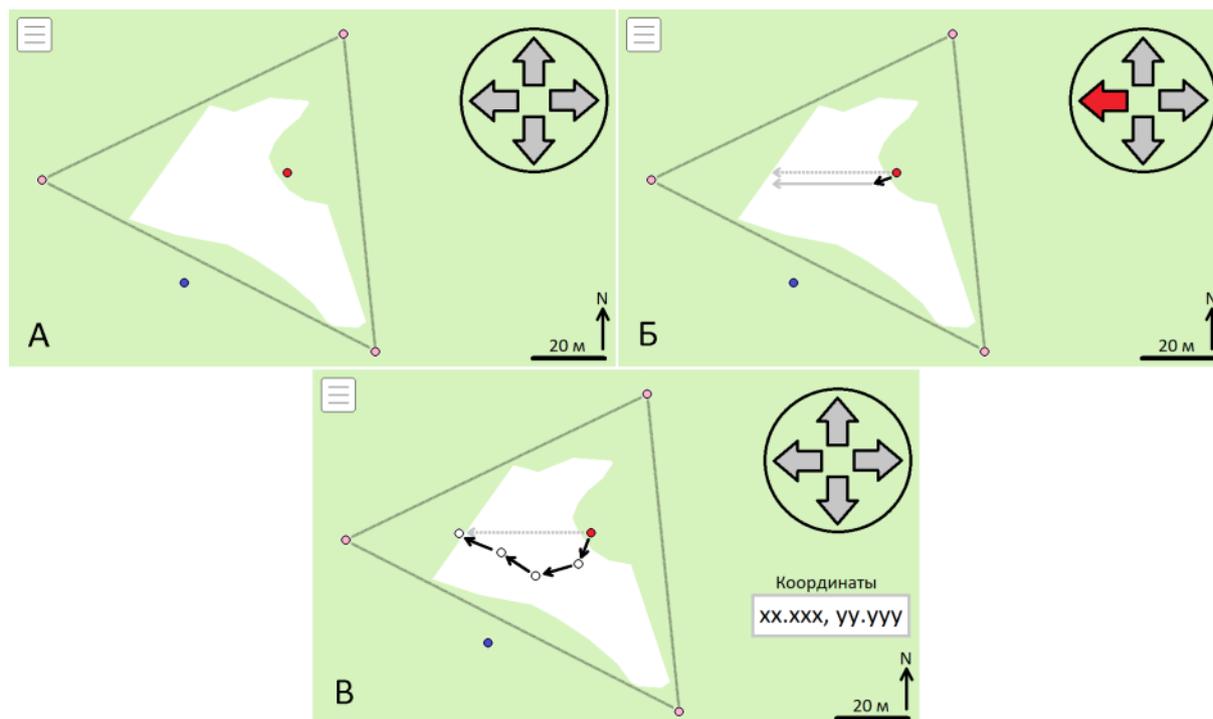
**Список функций приложения**

Функция приложения	Описание
Прием и передача сигналов	Аэростат является центром приема и передачи сигналов, в связи с преимуществами его положения в воздухе (хороший уровень сигнала) (рис. 2)
Выбор рабочего лесного участка	Загрузка карт лесных территорий с выделением рабочих участков. Сохранение особых точек на виртуальной координатной плоскости (ВКП) (например, дорога, место рубки и т. д.)
Определение местоположения АКС	Вычисления и проекция местоположения аэростата на ВКП. Сравнение полученных координат с данными GPS на аэростате. Такой подход позволит уменьшить погрешность определения координат. Используя полученную информацию приложение

	должно определять степень стравливания лебедек для движения в заданном направлении
Ручное управление аэростатом (рис. 3)	Оператор выбирает нужное ему направление, ориентируясь на свое местоположение и местоположение аэростата на виртуальной плоскости, нажимает на соответствующую стрелку, мобильное устройство передает сигнал на стравливание ЛМ, аэростат приходит в движение. В процессе движения приложение сравнивает предполагаемую траекторию перемещения аэростата по ВКП с фактической, построенной по данным с датчиков. В случае отклонения от заданного направления – приложение корректирует работу ЛМ и траектория движения нормализуется (рис. 3б)
Автоматическое управление аэростатом	Оператор на ВКП указывает точку для перемещения, приложение визуализирует на ВКП траекторию движения, предполагается возможность постройки траектории вручную (рис. 3в), приложение строит маршрут и список команд на стравливание ЛМ
Обеспечение безопасности процесса управления движением	Цифровой инклинометр регистрирует углы наклона каретки аэростата. Тензодатчики устанавливаются для страховки от повреждения аэростата. В случаях, когда показатели будут незначительно отклоняться от нормы, приложение должно будет самостоятельно скорректировать работу ЛМ. В случае, когда показатели будут стремиться к критическим, приложение выдаст предупреждение о соответствующей ситуации, работа ЛМ будет приостановлена, оператор в ручном режиме сможет скорректировать работу ЛМ



*Рис. 2. Схема передачи сигналов*



**Рис. 3. а) Красная точка – аэростат, розовые точки – ЛМ, синяя точка – оператор; б) Пунктирная стрелка – предполагаемая траектория, черная стрелка – реальная траектория, серая стрелка – скорректированная траектория; в) Пунктирная линия – траектория предложенная приложением, черная линия – траектория, построенная оператором**

Перспективность применения АКС заключается в значительном снижении затрат по сравнению с затратами на строительство наземной инфраструктуры и с использованием других летательных аппаратов, таких как вертолеты, с точки зрения эксплуатационных расходов. Преимущества мобильного приложения: удобство управления, возможность сокращения числа операторов до одного человека. Возможно расширение функционала этой системы в купе с приложением для патрулирования заданных территорий, мониторинга пожаров, усиления уровня сигнала связи, а также для задач ухода за деревьями, их рубки без падения ствола дерева на землю.

#### **Библиографический список**

1. Волкова О. Н., Кротова Е. А. Анализ мероприятий по сохранению лесных ресурсов // Экосистемы. 2022. № 29. С. 105–110.
2. Рего Г. Э., Корзун Д. Ж., Щеголева Л. В. Проект «лесной робот»: концептуальная модель анализа движения мобильной робототехнической системы для лесовосстановления и рубок ухода // Перспективы и возможности использования цифровых технологий в науке, образовании и управлении. 2022. С. 206–210.
3. Абузов А. В., Рудица К. В. Экспериментальные исследования аэростатно-канатной системы // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2008. № 1. С. 259–274.

## РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В ТЕХНИЧЕСКИХ ОТРАСЛЯХ НАУКИ

© Чувашов А. А.<sup>1</sup>, Кожевникова П. В.<sup>1</sup>, Кунцев В. Е.<sup>1</sup>, Мушинский В. Л.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ухтинский государственный технический университет, <sup>2</sup>ЛУКОЙЛ-Усинскнефтегаз

<sup>1</sup> Ухта; <sup>2</sup> Усинск

achuvashov@ugtu.net

Описываются проблемы моделирования процессов в технических отраслях науки в связи со спецификой получения исходных данных. Предлагается применение теории нечеткого моделирования для оценки достоверности входных данных (с экспериментальным обоснованием).

**Ключевые слова:** нечеткое моделирование, неоднородность, фрагментарность, достоверность, алгоритм сжатия, фазификация, метод оптимизации.

## SOLVING THE PROBLEM OF ASSESSING THE RELIABILITY OF INITIAL DATA BY APPLYING ELEMENTS OF FUZZY SET THEORY IN TECHNICAL BRANCHES OF SCIENCE

© Chuvashov A. A., Kozhevnikova P. V., Kuntsev V. E., Mushinsky V. L.

Ukhta State Technical University, LUKOIL-Usinskneftegaz

Ukhta, Usinsk

The problems of modeling processes in technical branches of science are described in connection with the specifics of obtaining initial data. The application of fuzzy modeling theory for assessing the reliability of input data (with experimental justification) is proposed.

**Key words:** fuzzy modeling, heterogeneity, fragmentation, reliability, compression algorithm, phasing, optimization method.

Одним из важнейших условий получения достоверных математических (и не только) моделей является их базирование на достоверных исходных данных. Человеческий фактор, погрешность приборов, методики измерений – все это оказывает влияние на результаты получения данных. К примеру, от качества исходных данных напрямую зависит результат оценки количества запасов углеводородов (топливно-энергетический сектор промышленности). Основываясь на оптимальности соотношения «универсальность-необходимое количество исходных данных», чаще всего для подсчета запасов используются методы математической статистики (в частности, объемный метод и его модификации). Однако, существенным недостатком применения статистических методов является отсутствие заложенной в них оценки достоверности входных данных. Компенсировать данный недостаток способно многократное проведение экспериментальных замеров, что не представляется возможным при решении задач нефтегазопромысловой отрасли. Следует отметить, что измеренные одновременно (из-за специфики исследований нефтяных и газовых скважин) петрофизические параметры – исходные данные вида «кern-кern» и «кern-ГИС (геофизические исследования скважин)» обладают рядом особенностей, ключевыми из которых являются:

- неоднородность;
- фрагментарность;
- неопределенность.

Исходя из вышеизложенного, был сделан вывод: если оценка достоверности не заложена в метод моделирования, а повторное проведение эксперимента невозможно, то можно воспользоваться технологией нечеткого моделирования, которая обеспечивает снижение технико-экономических рисков, учитывая неоднородность структуры данных.

Основанием для представления данных в форме нечетких отношений служит понятие поле рассеяния. *Поле рассеяния* для данных  $s_j \in S, j = 1 \div M$ , называется функция  $A^\varepsilon(\mathbf{s})$  в области  $S$  фазового пространства переменных  $\mathbf{s} = \{\mathbf{x}, \mathbf{y}\} \in S$ , такая, что для достаточно малого  $\varepsilon \geq 0$  существует его

разбиение на совокупность покрывающих  $S$ , подмножеств  $\Delta S_i$ , таких, что:  $\bigcup_i \Delta S_i = S; \bigcap_{i \neq j} \Delta S_i = \emptyset$  и выполнено неравенство [3]:

$$\max_{\Delta S_i \in S} |A^\varepsilon(\mathbf{s}) \Delta S_i - A(\Delta S_i)| \leq \varepsilon,$$

где  $A(\Delta S_i)$  – число значений из экспериментальных данных, целиком лежащее в  $\Delta S_i$ ;

$\varepsilon$  – погрешность в аппроксимации исходных данных полем рассеяния и последующего представления функции принадлежности  $\mu_A(\mathbf{x}, \mathbf{y})$ .

Величина  $A(\Delta S_i)$  называется *картой плотности* данных, и служит графическим представлением с точностью до постоянного множителя поля рассеяния. При надлежащем выборе покрытия  $\bigcup_i \Delta S_i$ , карта плотности хорошо отражает структуру исходной информации [4].

Приближенное значение функции принадлежности  $\mu_A^\varepsilon(\mathbf{s})$ , для измеренных значений параметров  $\mathbf{s} \in S$  как нечетких величин есть нормированное к единице поле рассеяния  $A^\varepsilon(\mathbf{s})$ :

$$\mu_A^\varepsilon(\mathbf{s}) = \frac{A^\varepsilon(\mathbf{s})}{\max_s [A^\varepsilon(\mathbf{s})]}.$$

Таким образом, функция принадлежности, и поле рассеяния совпадают между собой с точностью до множителя. Каждое измерение  $\mathbf{s}_j$  из  $A$  порождает свое поле рассеяния  $A^\varepsilon(\mathbf{s}, \mathbf{s}_j)$ , и функция принадлежности между нечеткими величинами  $\mathbf{x}$  и  $\mathbf{y}$  после акта измерения  $\mathbf{s}_j$  порождает свою функцию принадлежности  $\mu_A^\varepsilon(\mathbf{s}, \mathbf{s}_j)$ . Несколько образно, можно считать, что  $\mu_A^\varepsilon(\mathbf{s}, \mathbf{s}_j)$  – это поле информации в фазовом пространстве  $S$ , о связи между нечеткими величинами  $\mathbf{x}$  и  $\mathbf{y}$ , порожденное единичным измерением  $\mathbf{s}_j$ . Совокупность всех измерений соответствует синтезу всех элементарных информационных полей, и есть объединение  $\mu_A^\varepsilon(\mathbf{s}, \mathbf{s}_i)$ , которое, в соответствии с определенными ранее правилами для объединения нечетких отношений, вычисляется по формуле суперпозиции – объединения [3]:

$$\mu_A^\varepsilon(\mathbf{s}) = \bigcup_i \mu_A^\varepsilon(\mathbf{s}, \mathbf{s}_i) = \max_i \mu_A^\varepsilon(\mathbf{s}, \mathbf{s}_i)$$

В связи с тем, что значения элементарных функций принадлежности (элементы информационного поля для связи параметров)  $\mu_A^\varepsilon(\mathbf{s}, \mathbf{s}_i)$  лежат в интервале  $0 \leq \mu_A^\varepsilon(\mathbf{s}, \mathbf{s}_i) \leq 1$ , вычисление операции максимума не выводит значения общей функции принадлежности из того же интервала [3].

Поле рассеяния строится на основании алгоритма сжатия информации. Этот алгоритм применяется для определения минимального количества источников (важно: количество должно быть не меньше такого, при котором невязка между картой плотности исходных данных и рассчитанным полем рассеяния соответствует заданным ограничениям) [5].

Важным понятием в вопросе применения теории нечетких множеств для оценки достоверности исходных данных является фазификация. Фазификация входных данных, состоит в построении функций принадлежности  $\mu(\mathbf{x}, \mathbf{R}_i)$  для исходного параметра – аргумента  $\mathbf{x}$  в локальных интервалах  $\mathbf{R}_i$ , в которых будет выполняться прогнозирование на основе в нечеткой петрофизической модели. Если измерена серия значений  $\mathbf{x}_j, j = 1 \div N$  параметров, в одной и той же пространственной точке, то функция принадлежности  $\mu(\mathbf{x}, \mathbf{R}_i)$  для  $\mathbf{x}$  в точке  $\mathbf{R}_i$  примет вид [3]:

$$\mu(\mathbf{x}, \mathbf{R}_i) = \max_j \frac{1}{\sigma_i \sqrt{2\pi}} \exp \left[ -\frac{|\mathbf{x} - \mathbf{x}_j|^2}{2\sigma_i^2} \right]$$

где  $\sigma_i$  - оцененная погрешность измерений параметра  $\mathbf{X}$  в точках пространства  $\mathbf{R}_i$ . Схема фазификации соответствует объективному представлению данных ГИС в форме функций принадлежности, отражающих структуру и достоверность информации.

Пространственное положение единицы прогноза – пропластка, либо залежи, для которой приняты построенные функции принадлежности отношений и функции принадлежности параметра  $\mathbf{x}$  служащего основанием для прогноза, контролируется пространственной переменной  $\mathbf{R}_i$ . Она не участвует в вычислительных формулах, проявляясь лишь в оценке погрешности измеренных параметров, отнесенных именно к этой точке [3].

Под композицией нечетких отношений авторами статьи подразумевается композиция Мамдани  $\mu_{A^*M}(\mathbf{x}, \mathbf{z}) = \max_y \{ \min [ \mu_A(\mathbf{x}, \mathbf{y}), \mu_M(\mathbf{y}, \mathbf{z}) ] \}$ . Ее использование адекватно процедуре подстановки уравнений связи между параметрами в случае нечетких переменных. Пусть исходные данные, и соответствующая функция принадлежности таковы, для описанных переменных  $\mathbf{x}, \mathbf{y}$  :

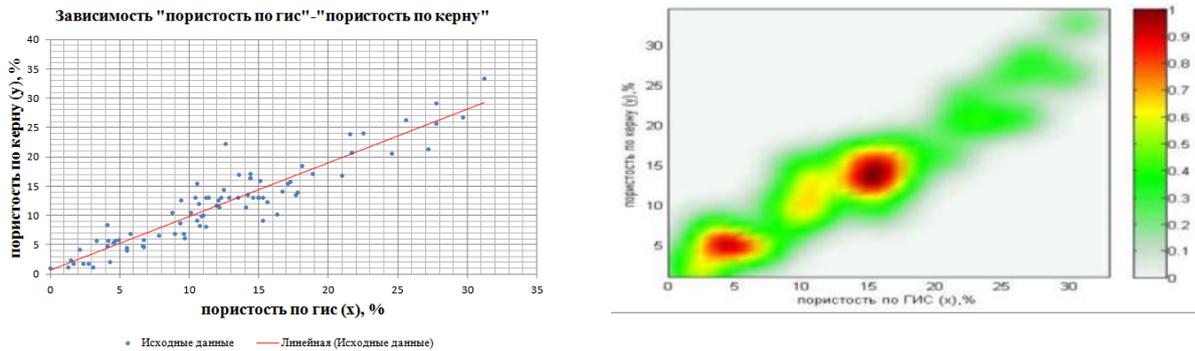


Рис. 1. Характеристика  $\mu_A(\mathbf{x}, \mathbf{y})$

Для описанных переменных  $\mathbf{y}, \mathbf{z}$  :

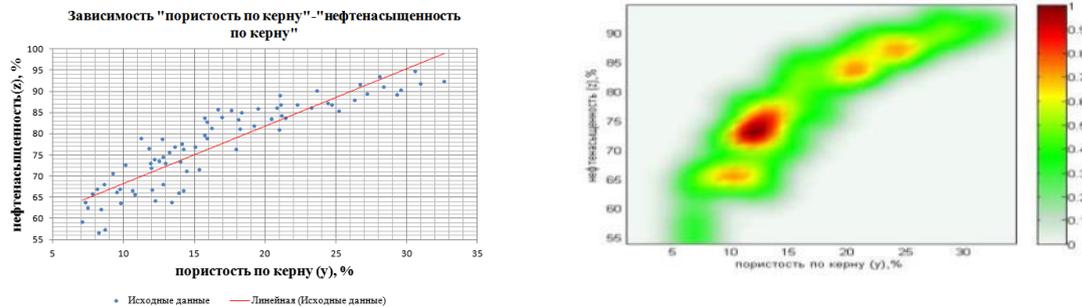


Рис. 2. Характеристика  $\mu_M(\mathbf{y}, \mathbf{z})$

Тогда композиция Мамдани  $\mu_{A^*M}(\mathbf{x}, \mathbf{z})$  приводит к результату:

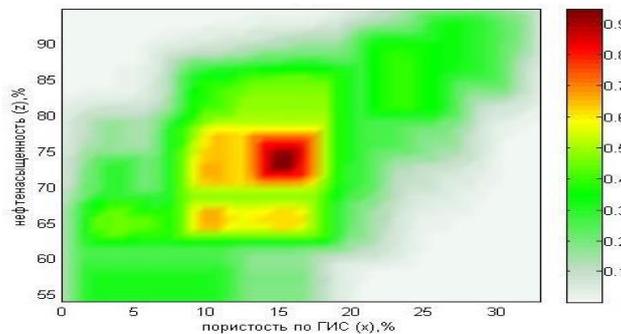


Рис. 3.  $\mu_{A^*M}(\mathbf{x}, \mathbf{z})$

### Библиографический список

1. Алтунин А. Е., Семухин М. В. Сравнительный анализ использования вероятностных и нечетких методов оценки неопределенности и рисков при подсчете запасов и ресурсов углеводородов // Нефтяное хозяйство. 2011. № 9. С. 44–49.
2. Кожевникова П. В., Кунцев В. Е., Чувашов А. А. Влияние шага расчетной сетки при построении функций принадлежности отношений между петрофизическими параметрами // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 7. С. 132–137.
3. Кобрунов А. И., Мотрюк Е. Н. Методика прогноза параметров нефтегазоносности, основанная на использовании нечеткого моделирования // Рассохинские чтения: Материалы международной конференции. В 2-х частях. Ухта, 2019.
4. Кобрунов А. И., Мотрюк Е. Н. Оценка неопределенности геолого-геофизических параметров методами нечеткого моделирования // Естественные и технические науки. 2019. С. 71–75.
5. Чувашов А. А., Кожевникова П. В., Мушинский В. Л. Обоснование критерия оптимальности для подбора размера расчетной сетки при решении оптимизационной задачи в оценке достоверности подсчета запасов углеводородов // Управление устойчивым развитием топливно-энергетического комплекса – 2023: материалы IV всероссийской научно-практической конференции. Ухта, 2023.

## ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ

© Шубинский М. И.

Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)

Санкт-Петербург

*shubinskiy@gmail.com*

Сейчас один из самых важных вопросов, стоящих сейчас перед ОУ с точки зрения информационных технологий – это вопрос информационной безопасности. В данной работе автором дается анализ необходимого уровня повышения квалификации по обучению навыкам информационной безопасности, и предлагается курс по обеспечению управленческого направления информационной безопасности в финансовой сфере образовательного учреждения.

**Ключевые слова:** риск, безопасность, образовательная среда.

## ADVANCED TRAINING IN INFORMATION SECURITY FOR HEADS OF EDUCATIONAL ORGANIZATIONS

© Shubinskiy M.

St. Petersburg State Institute of Technology

St. Petersburg

Now one of the most important issues facing educational institutions from the point of view of information technology is the issue of information security. In this work, the author provides an analysis of the required level of advanced training in teaching information security skills, and offers a course on ensuring the management direction of information security in the financial sphere of an educational institution. Now one of the most important issues now facing the educational institution in terms of information technology – it is a question of information security. In this work, the author provides a general analysis of the required level of advanced training for teaching information security skills.

**Key words:** risk, safety, learning environment.

### Введение

Скачкообразное насыщение компьютерами, случившееся в начале 2000-х годов в России породило целый ряд насущных проблем, связанных с внедрением информационных технологий в образовательный процесс. Сейчас, основной задачей системы образования стало грамотное построение информационной образовательной среды. В настоящий момент можно говорить, о существующей ин-

формационной среде в образовательных учреждениях (ОУ). Поэтому сейчас, важнейший вопрос стоящий перед образовательным учреждением с точки зрения информационных технологий – это вопрос информационной безопасности. Сейчас у практически всех ОУ стоит серьезная задача – создание безопасной информационной среды ОУ.

В данной работе, автор высказывает свои соображения по общему анализу основных подходов к обучению информационной безопасности руководителей образовательных учреждений.

### **I. Существующие подходы к обеспечению информационной безопасности образовательного учреждения**

Для начала нам надо разобраться, по каким направлениям информационной безопасности необходимо учить персонал образовательных учреждений. Можно сказать, что обеспечение безопасности информационно-образовательной среды делится на три, практически не пересекающиеся, части. Первая часть это программистская и компьютерная, вторая часть педагогическая и третья часть организационно-деловая или, можно сказать, управленческая.

Первое направление – это курсы по информационной безопасности для технических специалистов, которые работают с информационными технологиями. Такие курсы, в настоящий момент, готовы во многих ВУЗах. К сожалению, в настоящее время существует некоторый дефицит, подобных специалистов, но постепенно, правильно обученные «технари» будут работать в большинстве образовательных учреждений. В настоящий момент, только для технической части обучения, существует необходимый набор требуемой методической литературы. Это связано с тем, что курс информационной безопасности присутствует в университетах, где есть преподаватели, которые его читают, и существует требуемый набор методической литературы. Естественно, требуется обучить множество специалистов, которые будут работать в образовательных организациях (только в Санкт-Петербурге необходимо не менее 2500 человек, работающих в образовании, которые бы разбирались в информационной безопасности), но подобные курсы уже существуют и ведутся, хотя их до сих пор не хватает.

Второе направление – это педагогическая часть обеспечения информационной безопасности.

Педагогическая часть обеспечения информационной безопасности, в настоящее время, практически не обсуждается и не преподается. Вопрос с обучением учащихся информационной безопасности в школе, обсуждался в министерстве образования и в Совете Федерации начиная с 2013 года. Все темы, связанные с безопасностью детей в информационном обществе, которые требуется обсудить в школе, не вошли ни в курс информатики (который преподается только с 7 класса), ни в курс ОБЖ, который сейчас называется «Основы безопасности и защиты Родины» (ОБЗР).

Предполагается обучать навыкам безопасности при работе на компьютерах в дополнительных курсах, которые существуют в школах. Сейчас в нашей средней школе учащийся должен, кроме стандартной программы, заниматься еще 10 часов в неделю дополнительными, разноплановыми часами. Так в обычной школе имеется примерно 35–50 разнообразных дополнительных дисциплин и при этом не существует «обязательной программы» для учащихся. Таким образом, даже если дополнительная дисциплина, связанная с информационной безопасностью, будет в школе, то ею будут заниматься не больше четверти учащихся.

При этом в Распоряжение Правительства РФ от 28 апреля 2023 г. № 1105-р в концепции информационной безопасности детей в Российской Федерации написано, что в целях формирования у детей и подростков правильного безопасного алгоритма поведения в сети «Интернет» необходимо провести анализ образовательных программ, а также факультативных учебных предметов, курсов, дисциплин, предлагаемых образовательными организациями, а также сформировать и интегрировать в образовательный процесс уроки информационной безопасности и цифровой грамотности детей.

Исходя из вышеперечисленного, необходимо обучить педагогов данной дисциплине – информационной безопасности или кибербезопасности – и тому, как именно ее предполагается вести. Для этого требуются курсы в институтах усовершенствования учителей, в педагогических университетах и других вузах. На данный момент такие курсы, конечно, существуют в различных образовательных учреждениях, но они встречаются недостаточно часто.

Третье направление – это организационно-деловое или, можно сказать, управленческое направление повышения квалификации.

Для работников образования, часто, нужны программы, не углубляющиеся в технические детали, зато дающие полноценный анализ законодательства и рассматривающие организационные меры по информационной безопасности, в том числе вопросы выбора технических решений и подрядных организаций. Причем для разных работников ОУ, требуются курсы, имеющие различное содержание.

## **II. Управленческие, финансовые и политические риски информационной образовательной среды**

Риск – определяет степень опасности воздействия угрозы (или набора угроз) на систему (объект, ресурс или процесс).

Для каждой информационно-образовательной среды существуют риски, реализация которых приведет информационную среду в неработоспособное состояние или в состояние, в котором эффективность работы среды будет существенно снижена.

В данной работе для организационно-деловой части обеспечения безопасности информационно-образовательной среды предлагается следующее разбиение рисков на группы в соответствии с объектом (субъектом) образовательного процесса на который они воздействуют.

Управленческие (или организационные) риски – отрицательное влияние на управленческие процессы.

Финансовые риски – отрицательные воздействия на финансовое состояние учреждения.

Политические риски – отрицательные воздействия на репутацию учреждения.

В группу управленческих рисков, включим те риски, которые приведут к необходимости временной или постоянной перестройки организационной структуры образовательного учреждения. Ярким примером подобного риска может служить риск временной неработоспособности локальной сети учреждения при использовании ОУ электронного журнала.

В группу финансовых рисков, включим все те риски, которые связаны с понесением учреждением финансового ущерба. Это в первую очередь порча оборудования и программного обеспечения. Вторая группа финансовых рисков связана с вопросами госзаказа, начисления заработной платы и иных экономических вопросов.

В группу политических рисков включим риски, отрицательно влияющие на имидж учреждения, что может сказаться на наборе желающих учиться в данном учреждении, и может привести либо к ухудшению контингента учащихся, либо даже к его уменьшению, что при нынешних принципах финансирования может серьезно сказаться на бюджете. Часть политических рисков связана с необходимостью выполнением ОУ федеральных и региональных законодательных актов, и иных нормативных документов, связанных с информатизацией, а также требований надзорных органов.

Рассмотрев группы рисков, стоящие перед руководством образовательных учреждений, можно сделать выводы о практически полном отсутствии обучающих курсов для руководителей ОУ, в которых бы давали сведения об имеющихся угрозах образовательным учреждениям с точки зрения информационной безопасности, рассказывали к чему может привести реализация угроз и какие требуются (и/или имеются) защитные мероприятия.

## **III. Управленческое направление повышения квалификации в рамках обеспечения информационной безопасности**

В настоящее время, существуют курсы для руководящих работников образования по информационной безопасности, однако в рамках данных курсов практически не бывает информации по управленческим, финансовым и политическим рискам. Чаще всего, на данных курсах рассматривают проблемы, связанные с выполнением учреждением законодательных актов в области персональных данных. Проблема не только в том, что именно права субъектов персональных данных нарушаются, сколько в том, что Роскомнадзор реально контролирует выполнение данных законодательных актов. В то время как остальные вопросы по информационной безопасности являются, в основном, внутренними вопросами организации.

Рассмотрим три группы рисков информационно-образовательной среды, и для каждой группы предположим педагогические организации (университеты, колледжи и школы), в которых данные риски будут существовать.

В группу управленческих рисков, включим две группы рисков. Риски, которые приведут к необходимости временной перестройки организационной структуры образовательного учреждения. Данные риски присутствуют во всех образовательных учреждениях (например, процесс болезней преподавателей).

Риски, которые приведут к необходимости постоянной перестройки организационной структуры образовательного учреждения. Данные риски, одномоментно, затрагивают гораздо меньшее число ОУ. Однако все образовательные учреждения должны быть готовы к необходимости перестройки организационной структуры.

Вспомним, что финансовые риски – это отрицательные воздействия на финансовое состояние учреждения (прямые финансовые потери). Финансовые риски, прежде всего, связаны с понесением учреждением финансового ущерба.

В данном случае, мы имеем несколько групп рисков, связанных с вопросами работоспособности оборудования и программного обеспечения. Первая группа рисков будет касаться только неработоспособности компьютеров, и данные риски присутствуют во всех образовательных учреждениях. Вторая группа рисков касается работы программного обеспечения компьютеров. Эта группа рисков, также, присутствует во всех ОУ. Третья группа финансовых рисков связана с вопросами госзаказа, начисления заработной платы и иных экономических вопросов. Эта группа наиболее важная, однако, вопросы, касающиеся непосредственной работы бухгалтеров в образовательном учреждении, практически не рассматривались в литературе. Эти риски присутствуют во всех вузах и ссузах, а также в некоторой части школ.

Политические риски – это отрицательные воздействия на репутацию учреждения.

В группу политических рисков включим риски, отрицательно влияющие на имидж учреждения, что может сказаться на наборе желающих учиться в данном учреждении, и может привести либо к ухудшению контингента обучающихся, либо даже к его уменьшению, что при нынешних принципах финансирования может серьезно сказаться на бюджете. Данные политические риски присутствуют во всех ОУ.

Часть политических рисков связана с необходимостью выполнением ОУ федеральных и региональных законодательных актов, и иных нормативных документов, связанных с информатизацией, а также требований надзорных органов.

Рассмотрим первую группу рисков. В данную группу обязательно включаются риски связанные с сайтом учреждения. Сейчас в данную группу попадают практически все ОУ, возможны редкие исключения в частных ссузах.

Рассмотрим вторую группу рисков. В нее включим риски, связанные с невыполнением ОУ федеральных законов, постановлений и других региональных нормативных актов, связанных с информатизацией образовательных учреждений. Данные риски присутствуют во всех ОУ.

Стоит отметить, что, когда мы говорим о рисках, нас интересуют не только причины возникновения тех или иных угроз, но и возможные последствия. Для минимизации возможных потерь имеет существенное значения не только причина, по которой, например, во время конкретного занятия отсутствует Интернет (например, из-за неоплаты услуг провайдера) но и последствия данного события.

#### **IV. Примерная образовательная программа по обеспечению управленческого направления информационной безопасности**

Попробуем сформулировать ту цель, задачи и те темы, которые обязательно нужны в образовательном курсе по обеспечению управленческого направления информационной безопасности в финансовой сфере образовательного учреждения.

Цель данного курса – это получение новой компетентности педагогических работников в области информационной безопасности. Приобретение слушателями теоретических знаний планирования, организации и проведения управленческих работ по обеспечению информационной безопасности.

Перед учащимися на данном курсе будут стоять следующие задачи.

- ознакомиться с финансовыми рисками учреждения
- выяснить какие возникают организационные вопросы, связанные с неработоспособностью компьютеров;
- выяснить, какие экономические проблемы могут возникнуть в случае нарушения ИС связанных с вопросами госзаказа, начисления заработной платы и т. п.

В результате освоения программы мы готовы прогнозировать данные результаты. В ходе курсов, слушатель должен будет приобрести следующие знания и умения в области информационной безопасности:

- знать нормативные правовые акты в области информационной безопасности;
- уметь планировать организацию мероприятий по обеспечению информационной безопасности в финансовом сегменте образовательного учреждения.

Примерный учебный план курса равен 32 часам.

Модуль 1. Основы законодательства РФ в области информационной безопасности – 8 часов.

Модуль 2. Организационные вопросы в случае неработоспособности компьютеров и программного обеспечения в образовательном учреждении (ОУ) – 6 часов.

Модуль 3. Организационные вопросы в случае неработоспособности системы начисления заработной платы в ОУ – 6 часов.

Модуль 4. Организационные вопросы в случае неработоспособности системы госзаказа в ОУ – 6 часов.

Модуль 5. Организационные вопросы в случае неработоспособности иных экономических программ в ОУ – 5 часов.

Итоговая аттестация – 1 час.

Возможные категории обучающихся это руководители, заместители руководителей, главные бухгалтера образовательных организаций, специалисты муниципальных органов управления образованием.

Оценка качества освоения программы слушателями включает текущий контроль успеваемости и итоговую аттестацию.

Чему можно научиться в данном курсе:

1. Оценивать риски и угрозы в финансовом сегменте информационной безопасности ОУ.
2. Разрабатывать и внедрять финансовую политику информационной безопасности.
3. Эффективно действовать в случае нарушения в финансовом сегменте информационной безопасности, чтобы минимизировать ущерб.
4. Ориентироваться в правовых основах информационной безопасности, чтобы выполнять финансовые обязанности организации в области ИБ.

Конечно предложенный курс еще нигде не зарегистрирован, но возможно, что мы вместе с вами научимся правильно и грамотно обучать директоров (ректоров) ОУ и их заместителей информационной безопасности в финансовой сфере.

#### **Библиографический список**

1. Шубинский М. И. Информационная безопасность школы // Вестник ОГУ. 2013. № 1. С. 108–112.
2. Обеспечение безопасности детей в информационной сфере: методические рекомендации для педагогов, психологов, родителей и всех заинтересованных сторон / Центр исследований «Сандж». Казахстан. 2010. URL: <http://www.pandia.ru/text/77/129/116.php>
3. Климонтова Г. Н. Информационная безопасность в компьютерных системах. Выработка практических навыков учащихся // Народное образование. 2013. № 6. С. 265–270.
4. Бояров Е. Н. Ключевые проблемы информационной безопасности сферы образования // Педагогика высшей школы. 2016. С. 42–45.
5. Жарникова Ю. С. Угрозы информационной безопасности образовательного учреждения // Молодой ученый. 2017. С. 60–63.
6. Шубинский М. И. Педагогические риски информационной образовательной среды // Электронный журнал Экстернат.РФ, 2021. <http://ext.spb.ru/index.php/17844>
7. Шубинский М. И. Риски информационной образовательной среды // Региональная информатика и информационная безопасность. Сборник трудов. Выпуск 11 / СПОИСУ. СПб., 2022. С. 394–398.
8. Шубинский М. И. Необходимый уровень повышения квалификации по обучению навыкам информационной безопасности сотрудников ОУ // Цифровые технологии в образовании, науке, обществе: материалы XVII Всероссийской науч.-практ. конф. Петрозаводск, 2023. ISBN 978-5-8021-4161-8/118-121 с.

## **РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ И СЕРВЕРНОЙ ЧАСТИ АГРЕГАТОРА НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ СТАТЕЙ ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ**

© Щеглова А. А., Димитров В. М.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
[dimitrov@cs.petrso.ru](mailto:dimitrov@cs.petrso.ru)

В работе представлен сервис агрегации научно-популярных статей из открытых источников. Сервис включает в себя клиентское мобильное приложение, серверную часть, в том числе с компонентом загрузки и хранения статей.

**Ключевые слова:** мобильное приложение, агрегатор, статья.

## DEVELOPMENT OF A MOBILE APPLICATION AND BACKEND OF AN AGGREGATOR OF POPULAR SCIENCE ARTICLES FROM OPEN SOURCES

© Scheglova A. A., Dimitrov V. M.

Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

The paper presents a service for aggregating popular science articles from open sources. The service includes a client mobile application, a server part, including a component for downloading and storing articles.

**Key words:** mobile app, aggregator, article.

На протяжении всей истории человек стремится изучать новое, открывать ранее неизведанное. Поэтому с развитием информационных технологий закономерно наблюдать увеличенный интерес к научным и популярным материалам, а также стремление иметь удобный инструмент для их доступа и удобного чтения.

Помимо этого, с ростом самообразовательных инициатив среди широкой аудитории возникает потребность в легком доступе к научной информации. Мобильные приложения становятся эффективным средством удовлетворения этой потребности, предоставляя возможность получения качественного контента в любое удобное время и место.

Технологический прогресс, в частности, быстрое развитие мобильных устройств, создает благоприятные условия для инновационных решений в области научно-популярных статей. Мобильные приложения, специализированные на агрегации и предоставлении такого контента, становятся неотъемлемой частью современной информационной среды.

При разработке мобильного приложения выбор источников научно-популярных статей является важным этапом для обеспечения разнообразия и качества контента. Для этой цели были выбраны такие платформы, как Хабр [1] и журнал «Кинжал» [2].

Хабр выделяется огромным разнообразием качественных статей по широкому спектру тематик. Эта платформа предоставляет доступ к информации на различных уровнях сложности, что делает ее привлекательной для широкой аудитории. Возможность найти материалы, соответствующие интересам и уровню навыков пользователя, сделала Хабр одним из ключевых источников для включения в разрабатываемое приложение. Кроме того, активное сообщество и возможность взаимодействия с авторами статей создают благоприятную атмосферу для обмена знаниями и опытом.

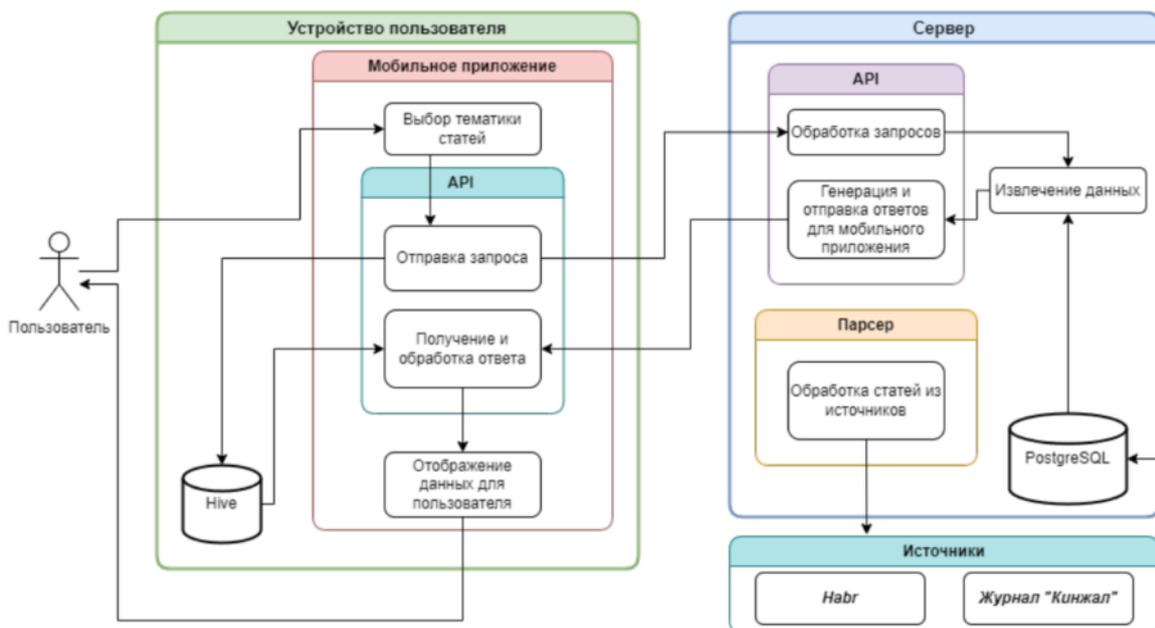
Журнал «Кинжал» выбран из-за своей уникальной особенности предоставления довольно коротких, но содержательных статей. Этот формат позволяет пользователям быстро получать полезную информацию, что особенно ценно в современном мире, где время является ценным ресурсом. Благодаря небольшому объему статей, журнал «Кинжал» предоставляет возможность быстро узнавать актуальные факты и тенденции в различных областях. Личное предпочтение данного источника и его релевантность для моих интересов являются ключевыми факторами в выборе данного источника для интеграции в мобильное приложение.

Объединение этих двух источников обеспечивает разносторонний и богатый контент для пользователей приложения, позволяя каждому находить материалы, соответствующие их предпочтениям и интересам. Таким образом, основная цель данной работы – разработка мобильного приложения и серверной части агрегатора научно-популярных статей из открытых источников.

Для оценки востребованности разрабатываемого приложения и выявления требуемых функций был проведен анализ существующих программных решений в данной области. Рассмотрим два приложения, BigMag [3] и Surfingbird [4], с целью выявления их особенностей и возможных недостатков.

1. BigMag – приложение предоставляет пользователю выбор лучших материалов по различным разделам, из которых можно выбрать наиболее интересные. К сожалению, ознакомиться с данным приложением не удалось из-за трудностей с запуском.

2. Surfingbird – при первом запуске приложения нужно выбрать несколько тематик, а дальше остаётся только листать ленту и читать приглянувшиеся статьи. С этим приложением ознакомиться также не удалось из-за ошибки, которая делает регистрацию невозможной. Оба рассмотренных приложения, BigMag и Surfingbird, столкнулись с техническими проблемами, препятствующими ознакомлению с их функционалом. Эти трудности подчеркивают важность разработки стабильного и доступного приложения.



**Рис. 1. Высокоуровневая модель архитектуры**

На рисунке 1 представлена высокоуровневая архитектура программной системы, описывая в общих чертах организацию программных модулей и взаимосвязи между ними. Стрелками в схеме обозначены взаимосвязи между компонентами, а именно направления и пункты отправки/приема различных данных. Архитектура разроблена на части, которые сфокусированы на выполнение небольших задач в рамках бизнес-логики. Далее представлено описание каждой из таких частей:

1. Устройство пользователя (обозначено зеленым контейнером). Содержит локальную БД Hive, а также отвечает за функциональность мобильного приложения.

2. Мобильное приложение (обозначено красным контейнером). Позволяет пользователю выбирать интересующие его тематики, а также отображает необходимые данные (например, статьи), полученные путем работы API мобильного приложения.

3. API мобильного приложения (обозначено голубым контейнером). Эта часть программной системы отправляет запросы БД Hive или API сервера, а также обрабатывает ответ от них.

4. Сервер (обозначено синим контейнером) Отвечает за сбор ссылок на статьи и предоставление их мобильному приложению, хранение информации о статьях, включая их тематику и ссылки, а также поддержку запросов от мобильного приложения.

5. API сервера (обозначено фиолетовым контейнером). Отвечает за принятие запросов от API мобильного приложения, извлечение необходимых данных из БД PostgreSQL, и за генерацию и отправку ответа обратно в мобильное приложение.

6. Парсер (обозначено желтым контейнером) Извлекает статьи из сайтов-источников и загружает их в базу данных PostgreSQL.

В результате научно-исследовательской работы были достигнуты все ранние поставленные цели, а именно:

- ознакомление с платформами Habr и журналом «Кинжал»;
- осуществление обзора аналогичных приложений;
- проектирование мобильного приложения;
- реализация приложения.

### **Библиографический список**

1. Все статьи подряд / [Электронный ресурс] // Habr: [сайт]. URL: <https://habr.com/ru/articles/> (дата обращения: 10.11.2024).
2. Кинжал – это hard blog о soft skills для каждого rock star / [Электронный ресурс] // kinzhal.media: [сайт]. URL: <https://kinzhal.media/> (дата обращения: 10.11.2024).

3. BigMag Russia – ВКонтакте / [Электронный ресурс] // vk.com: [сайт]. URL: [https://vk.com/bigmag\\_russia](https://vk.com/bigmag_russia) (дата обращения: 10.11.2024).
4. Surfingbird – Википедия / [Электронный ресурс] // wikipedia.org: [сайт]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Surfingbird> (дата обращения: 10.11.2024).

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СКОЛЬЗЯЩЕГО СРЕДНЕГО ДЛЯ СГЛАЖИВАНИЯ ДАННЫХ С ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ

© Яскеляйнен С. Д., Корзун Д. Ж.  
Петрозаводский государственный университет  
Петрозаводск  
*simonyaskelaynen@yandex.ru*

В данной работе рассматривается применение метода скользящего среднего для сглаживания данных с инерциальных датчиков, что позволяет снизить влияние шумов и получить более точные данные. Использование данного метода позволит улучшить работу системы детектирования отклонений и корректировки маршрута за счет повышения точности определения текущего местоположения. Результаты исследования показывают, что выбор конкретного метода сглаживания зависит от характера данных и требований к сглаживанию.

**Ключевые слова:** фильтр скользящего среднего, шумы, инерциальный измерительный блок.

## APPLICATION OF THE MOVING AVERAGE METHOD FOR SMOOTHING INERTIAL SENSOR DATA

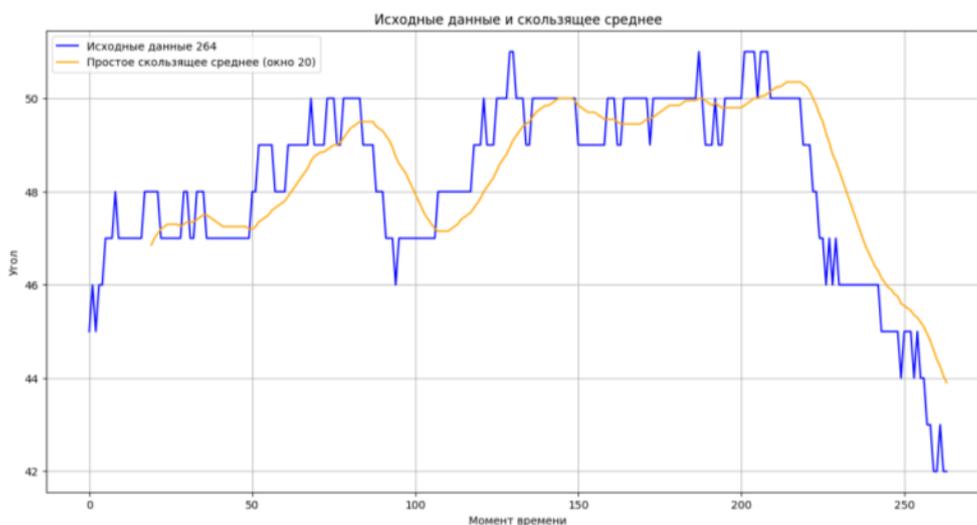
© Yaskelyainen S. D., Korzun D. Z.  
Petrozavodsk State University  
Petrozavodsk

This paper examines the application of the moving average method for smoothing data from inertial sensors, which reduces noise impact and provides more accurate data. Using this method can improve the performance of deviation detection and route correction systems by enhancing the accuracy of current location determination. The study results indicate that the choice of a specific smoothing method depends on the nature of the data and smoothing requirements.

**Key words:** moving average filter, noise, IMU.

Система детектирования отклонений и корректировки маршрута предоставляет возможность своевременного обнаружения ситуации, когда техника отклоняется от маршрута движения на критическое значение, а также позволяет скорректировать траекторию движения для возвращения на маршрут [1]. Применение данной системы для ассистирования водителя лесной техники позволит снизить количество ситуаций, когда техника отклоняется от маршрута движения и заезжает на дополнительные участки лесосеки, что является опасной ситуацией [2], приводящей к повреждению почвы.

Для корректной работы системы детектирования отклонений и корректировки маршрута необходимо точное определение текущего местоположения техники, которое достигается обработкой данных с инерциального датчика IMU. При работе с датчиком важно учитывать возникающие шумы, которые необходимо обрабатывать для получения более точных данных. Одним из способов сглаживания данных является использование скользящего среднего [3].



**Рис. 1. Пример работы простого скользящего среднего**

Скользящее среднее – это метод сглаживания краткосрочных колебаний, который используется для обработки данных временных рядов. На рисунке 1 представлен пример работы скользящего среднего для сглаживания шумов в данных с датчика IMU. Данный метод в общем случае представляет собой расчет нового значения с учетом  $n$  предыдущих значений, где  $n$  – это длина окна усреднения (сглаживающий интервал). Скользящее среднее имеет несколько модификаций, каждая из которых имеет свои достоинства и недостатки, поэтому рассмотрим каждую из них подробнее.

Простое скользящее среднее (simple moving average) представляет собой среднее арифметическое за установленный интервал и вычисляется по формуле:

$$y_t = \frac{1}{n} \sum_{i=0}^{n-1} x_{t-i} \quad (1)$$

где  $y_t$  – значение простого скользящего среднего в момент времени  $t$ ,  $x_t$  – значение исходной функции (получаемые значения с датчиков) в момент времени  $t$ ,  $n$  – размер окна усреднения.

Метод простого скользящего среднего очень сильно зависит от значения параметра  $n$ . В случае, когда требуется учитывать длительные зависимости в показаниях с датчика, значение  $n$  необходимо увеличить. Недостатком данного метода является то, что не учитывается момент времени, когда значение было получено, поэтому старые и новые показания датчика имеют одинаковый вес. Данный подход приводит к тому, что последние изменения учитываются с некоторым запаздыванием, что можно увидеть на рисунке 1. Но если зависимости между показателями с датчика являются короткими, то есть мы можем использовать малые значения для окна сглаживания, то данный метод является лучшим, ведь он быстро вычисляется и не требует подбора весов.

Если же зависимость по времени между показаниями больше и нам необходимо увеличить значение окна сглаживания, то лучше использовать взвешенное скользящее среднее. Взвешенное скользящее среднее (weighted moving average) – это метод сглаживания данных, при котором каждый член исходной функции имеет свой вес, причем более старые значения имеют меньший вес. Формула для расчета взвешенного скользящего среднего имеет следующий вид:

$$y_t = \frac{\sum_{i=0}^{n-1} w_i x_{t-i}}{\sum_{i=0}^{n-1} w_i} \quad (2)$$

где  $y_t$  – значение взвешенного скользящего среднего в момент времени  $t$ ,  $x_t$  – значение исходной функции (получаемые значения с датчиков) в момент времени  $t$ ,  $n$  – размер окна усреднения,  $w_i$  – вес для  $i$ -го значения.

Использование взвешенного скользящего среднего позволяет лучше реагировать на последние изменения, ведь более новые значения имеют больший вес. Данный подход позволяет сохранить актуальные колебания, но при этом всё равно корректно сглаживать получаемые данные. Недостатком данного метода является то, что нет четкого правила по тому, с какой скоростью уменьшать веса значений, поэтому задача по подбору весов для значений решается каждым разработчиком индивидуально.

Одним из способов решения задачи подбора весов значений является использование экспоненциально взвешенного скользящего среднего [4]. Экспоненциально взвешенное скользящее среднее (exponentially weighted moving average) – разновидность взвешенного скользящего среднего, при котором веса убывают экспоненциально и никогда не равны нулю. Достоинство данного подхода совпадает со взвешенным – метод быстро реагирует на недавние изменения в данных, ведь новым значениям присваивается больший вес. Формула для расчета значения экспоненциально взвешенного скользящего среднего имеет следующий вид:

$$y_t = \alpha x_t + (1 - \alpha)y_{t-1} \quad (3)$$

где  $y_t$  – значение экспоненциально взвешенного скользящего среднего в момент времени  $t$ ,  $x_t$  – значение исходной функции (получаемые значения с датчиков) в момент времени  $t$ ,  $\alpha$  – коэффициент сглаживания.

При использовании экспоненциально взвешенного скользящего среднего необходимо выбрать значение коэффициента сглаживания  $\alpha$ , который принимает значения от 0 до 1. Чем меньше значение коэффициента, тем больше влияние предыдущих значений. Данный подход учитывает все ранее полученные значения, что является некоторым минусом, но при этом вес более старых значений является очень маленьким, что позволяет успешно использовать данный алгоритм для задачи сглаживания данных с инерциальных датчиков.

Таким образом использование метода скользящего среднего является эффективным способом сглаживания данных и подавления шумов при работе с данными инерциальных датчиков. Выбор определенного метода сглаживания зависит от конкретной задачи и условий измерений, что подчеркивает важность определения требований к сглаживанию и адаптации подхода к конкретной задаче. В рамках подготовки к докладу планируется проведения ряда экспериментов по определению более подходящего метода для задачи сглаживания данных датчика IMU.

**Поддержка исследований.** Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 22-11-20040 (<https://rscf.ru/project/22-11-20040/>), проводимого совместно с Республикой Карелия с финансированием из Фонда венчурных инвестиций Республики Карелия (ФВИ РК).

#### Библиографический список

1. Яскеляйнен С. Д. Детектирование отклонений и корректировка движения лесной техники / С. Д. Яскеляйнен, Г. Э. Рего, Е. М. Гурылева, В. А. Красный, Д. С. Мельников // Сборник тезисов 35-й Международной научно-технической конференции «Экстремальная робототехника», Санкт-Петербург, 2024. С. 99–101.
2. Rego G. E. Mathematical Modeling Method for Detecting the Fuzzy Occurrence of Dangerous Events, Программная инженерия, 2023. Том 14. № 9. С. 442–451. DOI: 10.17587/prin.14.442-451
3. Redhyka G. G., Setiawan D. and Soetraprawata D. Embedded sensor fusion and moving-average filter for Inertial Measurement Unit (IMU) on the microcontroller-based stabilized platform, 2015 International Conference on Automation, Cognitive Science, Optics, Micro Electro-Mechanical System, and Information Technology (ICACOMIT), Bandung, Indonesia, 2015. P. 72–77. DOI: 10.1109/ICACOMIT.2015.7440178
4. Setyawan I. B., Huda A. K., Nashrullah F. H., Kurniawan I. D., Frans S. I. and Hendry J. Noise Removal in The IMU Sensor Using Exponential Moving Average with Parameter Selection in Remotely Operated Vehicle (ROV), 2022 8th International Conference on Science and Technology (ICST), Yogyakarta, Indonesia, 2022. P. 1–5. DOI: 10.1109/ICST56971.2022.10136259

**ИНДЕКС ФАМИЛИЙ АВТОРОВ СТАТЕЙ**

<b>А</b>			
Алексеев А. С.	4	Кулаков К. А.	9
Алексеев И. В.	95	Кулезнев Н. С.	18
Алексеев Т. А.	6	Кунцев В. Е.	177
Алькин Р. В.	90	<b>Л</b>	
Антонов И. А.	7	Лавров А. П.	90
Антощенко А. В.	71	Ларионов Д. Д.	92
Арыков С. Б.	14	Лева Д. С.	95
Афанасьева В. В.	9	Литвинов Н. Е.	97
<b>Б</b>		ЛУКОЙЛ-Усинскнефтегаз	177
Баженов Н. А.	11	<b>М</b>	
Балашов А. А.	14	Мамчур С. С.	99
Безбородов М. И.	16	Марахтанов А. Г.	33, 101, 116, 147
Богоявленская О. Ю.	7, 79	Махилев Р. А.	103
Богоявленский Ю. А.	39, 47, 77, 127	Москин Н. Д.	135, 144
Болодурина И. П.	54, 56, 58, 60	Мошевикин А. П.	165
Бондар Г. А.	18	Мушинский В. Л.	177
<b>В</b>		<b>Н</b>	
Волкова Т. В.	21, 24	Назаров А. И.	106
Воронин В. Ю.	27	Насадкина О. Ю.	33
<b>Г</b>		Новикова Д. А.	109
Галкин А. А.	31	<b>О</b>	
Голубев Е. В.	33	Оськин К. И.	112
Горина Е. Д.	35	<b>П</b>	
Григорян А. Г.	99	Павлов М. П.	116
Груздев М. С.	39	Парамонова С. С.	118
<b>Д</b>		Пешкова И. В.	4
Дзида В. И.	153	Платонов А. А.	123
Димитров В. М.	18, 184	Пономарев В. А.	126
Дужик А. А.	43	<b>Р</b>	
<b>Е</b>		Рёвин Е. С.	127
Екимов К. А.	45, 112	Рего Г. Э.	62, 74, 95, 109, 170, 172
Екимова Т. А.	87, 103	Рего Е. В.	133
Ермаков В. А.	47, 51	Рогов А. А.	141, 168
Ершова Н. Ю.	43, 45, 85	Романенко Г. М.	135
<b>Ж</b>		Рыбин Е. И.	116, 126, 138
Жигалов А. Ю.	54, 56, 58, 60	<b>С</b>	
<b>З</b>		Саволайнен В. А.	172
Зигинов А. Ю.	62	Садиех С. А.	141
<b>И</b>		Светлова А. С.	144
Иванов К. А.	156	Семенов А. В.	35
Иванов М. Н.	64, 66	Семёнов А. В.	118, 161
Иванова Н. Н.	66, 69	Семёнов С. А.	147
Ивашнев К. Р.	71, 116	Семенова Е. Е.	149
<b>К</b>		Сенюков В. А.	151
Кадыров Я. О.	74	Смирнов Н. В.	153, 156, 158
Караушев И. К.	77	Советный И. Д.	161
Климкова Н. А.	133	Соловьев А. В.	163, 165
Кожевникова П. В.	177	Столяров Д. А.	62
Колчин М. А.	158	Сытник А. А.	31, 97
Кононенко А. А.	79	<b>Т</b>	
Копылов Е. А.	21	Терещенко Е. А.	168
Корзун Д. Ж.	11, 27, 51, 71, 81, 87, 138, 187	Трутенко М. П.	69
Корякина А. Н.	33	<b>У</b>	
Кошкин В. В.	85	Угрюмов А. Н.	101
Кручек М. М.	149	<b>Ф</b>	
Кузин Д. М.	87	Фалев А. С.	170

<b>Х</b>	
Халяпин Д. В. ....	172
<b>Ц</b>	
Цветков Г. А. ....	62
Центр искусственного интеллекта ПетрГУ .....	101
<b>Ч</b>	
Черехович А. В. ....	170
Чувашов А. А. ....	177

<b>Ш</b>	
Школин М. А. ....	24
Шубинский М. И. ....	180
Шульга Т. Э. ....	31, 97
<b>Щ</b>	
Щеглова А. А. ....	184
Щеголева Л. В. ....	6, 92
<b>Я</b>	
Яскеляйнен С. Д. ....	187

## ИНДЕКС НАИМЕНОВАНИЙ ОРГАНИЗАЦИЙ

### И

Институт вычислительной математики  
и математической геофизики СО РАН..... 14

### Л

ЛУКОЙЛ-Усинскнефтегаз..... 177

### М

Московский международный  
университет ..... 64, 66, 69

### Н

Новосибирский государственный  
технический университет ..... 14

### О

Общество с ограниченной ответственностью  
«Ай-ФОРС» ..... 99

Оренбургский государственный  
университет .....21, 24, 54, 56, 58, 60

### П

Петрозаводский государственный  
университет.... 4, 6, 7, 9, 11, 16, 18, 27, 33, 35, 39,  
43, 45, 47, 51, 62, 71, 74, 77, 79, 81, 85, 87, 90, 92,  
95, 101, 103, 106, 109, 112, 116, 118, 123, 126,  
127, 133, 135, 138, 141, 144, 147, 149, 151, 153,  
156, 158, 161, 163, 165, 168, 170, 172, 184, 187

### С

Санкт-Петербургский государственный  
лесотехнический университет  
им. С. М. Кирова..... 95

Санкт-Петербургский государственный  
технологический институт  
(технический университет)..... 180

Саратовский государственный технический  
университет им. Гагарина Ю. А..... 31, 97

### У

Ухтинский государственный  
технический университет ..... 177

### Ц

Центр искусственного интеллекта ПетрГУ ..... 101

## СОДЕРЖАНИЕ

© <b>АЛЕКСЕЕВ А. С., ПЕШКОВА И. В.</b> ПИКОВЫЙ ВОЗРАСТ ИНФОРМАЦИИ В СИСТЕМЕ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ М/М/1/1 .....	4
© <b>АЛЕКСЕЕВ Т. А., ЩЕГОЛЕВА Л. В.</b> ОБЗОР ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ ВИРТУАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ НА ПРИМЕРЕ ГОРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	6
© <b>АНТОНОВ И. А., БОГОЯВЛЕНСКАЯ О. Ю.</b> ПОСТРОЕНИЕ ОЦЕНКИ РАССТОЯНИЯ ДО ТЕКСТОВОГО ОБЪЕКТА ДЛЯ ЛОКАЛИЗАЦИИ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ .....	7
© <b>АФНАСЬЕВА В. В., КУЛАКОВ К. А.</b> ТАКСАЦИЯ ЛЕСНЫХ РЕСУРСОВ С ПОМОЩЬЮ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	9
© <b>БАЖЕНОВ Н. А., КОРЗУН Д. Ж.</b> О ЗАДАЧЕ КОНФИГУРИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАМЕР ДЛЯ СИСТЕМ СИТУАЦИОННОЙ ВИДЕОАНАЛИТИКИ .....	11
© <b>БАЛАШОВ А. А., АРЫКОВ С. Б.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОНТОЛОГИЙ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ВОПРОСОВ И ВАРИАНТОВ ОТВЕТОВ.....	14
© <b>БЕЗБОРОДОВ М. И.</b> ЦИФРОВАЯ КАФЕДРА ПетрГУ – КАК ВЕКТОР РАЗВИТИЯ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ.....	16
© <b>БОНДАР Г. А., КУЛЕЗНЕВ Н. С., ДИМИТРОВ В. М.</b> РАЗРАБОТКА СЕРВИСА ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ЖИВОТНЫХ ПО ФОТОГРАФИЯМ.....	18
© <b>ВОЛКОВА Т. В., КОПЫЛОВ Е. А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ О РАЗВИТИИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ САЙТАМИ НАУЧНЫХ КОНФЕРЕНЦИЙ ВУЗА .....	21
© <b>ВОЛКОВА Т. В., ШКОЛИН М. А.</b> АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОСТИ ЭТАПОВ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ЭЛЕКТРОННОГО ДОКУМЕНТА.....	24
© <b>ВОРОНИН В. Ю., КОРЗУН Д. Ж.</b> ОБЗОР ПЕРСПЕКТИВНЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ПРОИЗВОДСТВЕ.....	27
© <b>ГАЛКИН А. А., СЫТНИК А. А., ШУЛЬГА Т. Э.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБЛАСТИ ВЕРИФИКАЦИИ ПРОГРАММ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	31
© <b>ГОЛУБЕВ Е. В., КОРЯКИНА А. Н., МАРАХТАНОВ А. Г., НАСАДКИНА О. Ю.</b> ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПОРТАЛА ПетрГУ КАК ПЛОЩАДКИ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ СЕРВИСОВ ОРГАНИЗАЦИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ВУЗА .....	33

© <b>ГОРИНА Е. Д., СЕМЕНОВ А. В.</b> РАСЧЕТ ПОЛОЖЕНИЯ СЕРВОПРИВОДОВ РОБОТИЗИРОВАННОЙ РУКИ ДЛЯ ЗАХВАТА ОБЪЕКТОВ С ДВИЖУЩЕЙСЯ КОНВЕЙЕРНОЙ ЛЕНТЫ.....	35
© <b>ГРУЗДЕВ М. С., БОГОЯВЛЕНСКИЙ Ю. А.</b> СИСТЕМА «УПРАВЛЕНИЕ КОМПЕТЕНЦИЯМИ УЧЕБНОГО ПЛАНА». ТРЕБОВАНИЯ И ПРОЕКТ БАЗЫ ДАННЫХ .....	39
© <b>ДУЖИК А. А., ЕРШОВА Н. Ю.</b> РАЗРАБОТКА АССИСТЕНТА УМНОГО ДОМА НА БАЗЕ КРУПНОЙ ЯЗЫКОВОЙ МОДЕЛИ .....	43
© <b>ЕКИМОВ К. А., ЕРШОВА Н. Ю.</b> УЧЕБНЫЙ ДИЗАЙН-ЦЕНТР ПетрГУ ПО РАЗРАБОТКЕ И ПРОТОТИПИРОВАНИЮ МИКРОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ.....	45
© <b>ЕРМАКОВ В. А., БОГОЯВЛЕНСКИЙ Ю. А.</b> ПРОЕКТ ПОДСИСТЕМЫ «СЕРВИС РЕГИСТРАЦИИ ЗАЯВОК СТУДЕНТОВ НА ИЗУЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИН ПО ВЫБОРУ» .....	47
© <b>ЕРМАКОВ В. А., КОРЗУН Д. Ж.</b> О ЗАДАЧЕ ОЦЕНКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ УГЛОВ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕЛА В ПРОСТРАНСТВЕ НА МАЛОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВАХ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ .....	51
© <b>ЖИГАЛОВ А. Ю., БОЛОДУРИНА И. П.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ RAG МЕТОДА ДЛЯ АНАЛИЗА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ДОКУМЕНТОВ .....	54
© <b>ЖИГАЛОВ А. Ю., БОЛОДУРИНА И. П.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ДОКУМЕНТОВ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА МЕТОДАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	56
© <b>ЖИГАЛОВ А. Ю., БОЛОДУРИНА И. П.</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ NLP ДЛЯ СОПОСТАВЛЕНИЯ ВАКАНСИЙ НАПРАВЛЕНИЯМ ПОДГОТОВКИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	58
© <b>ЖИГАЛОВ А. Ю., БОЛОДУРИНА И. П.</b> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ДЕТЕКЦИИ В ЗАДАЧЕ РАСПОЗНАВАНИЯ ОКТ СНИМКОВ СЕТЧАТКИ ГЛАЗА .....	60
© <b>ЗИГИНОВ А. Ю., ЦВЕТКОВ Г. А., СТОЛЯРОВ Д. А., РЕГО Г. Э.</b> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ .....	62
© <b>ИВАНОВ М. Н.</b> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И СЕРВИСЫ В ВУЗЕ. НА ПРИМЕРЕ DIRECTUM RX И МТС ЛИНК .....	64
© <b>ИВАНОВ М. Н., ИВАНОВА Н. Н.</b> ЦИФРОВЫЕ СЕРВИСЫ ВНУТРИКОМАНДНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ВУЗЕ .....	66
© <b>ИВАНОВА Н. Н., ТРУТЕНКО М. П.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ СЕРВИСОВ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ В УНИВЕРСИТЕТЕ .....	69

© <b>ИВАШНЕВ К. Р., КОРЗУН Д. Ж., АНТОЩЕНКО А. В.</b> ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ТРАЕКТОРИИ РУССКОЙ ПОРЕВОЛЮЦИОННОЙ ЭМИГРАЦИИ: СТАТИСТИЧЕСКИЙ И МАШИННЫЙ АНАЛИЗ ИСТОРИЧЕСКИХ АНКЕТНЫХ ДАННЫХ .....	71
© <b>КАДЫРОВ Я. О., РЕГО Г. Э.</b> РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПОКРЫТИЯ МНОГОУГОЛЬНИКА ВЕЕРОМ ПУТЕЙ С МИНИМИЗАЦИЕЙ ОБЩЕГО ЧИСЛА ОТРЕЗКОВ ПУТЕЙ.....	74
© <b>КАРАУШЕВ И. К., БОГОЯВЛЕНСКИЙ Ю. А.</b> СИСТЕМА «УПРАВЛЕНИЕ КОМПЕТЕНЦИЯМИ УЧЕБНОГО ПЛАНА». ПРОЕКТ ИНТЕРФЕЙСА .....	77
© <b>КОНОНЕНКО А. А., БОГОЯВЛЕНСКАЯ О. Ю.</b> ИНТЕГРАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ОСР ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЗДАНИЙ .....	79
© <b>КОРЗУН Д. Ж.</b> О КОНЦЕПЦИИ БИОНИЧЕСКОГО КОСТЮМА ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ПОДДЕРЖКИ ЧЕЛОВЕКА НА СЕВЕРЕ .....	81
© <b>КОШКИН В. В., ЕРШОВА Н. Ю.</b> РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫМ 3D ПРИНТЕРОМ.....	85
© <b>КУЗИН Д. М., ЕКИМОВА Т. А., КОРЗУН Д. Ж.</b> АЛГОРИТМ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ КАПИЛЛЯРНОГО КОНТРОЛЯ .....	87
© <b>ЛАВРОВ А. П., АЛЬКИН Р. В.</b> АВТОМАТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕГОВ ЗАДАЧИ НА ОСНОВЕ ТРАНСФОРМЕРОВ .....	90
© <b>ЛАРИОНОВ Д. Д., ЩЕГОЛЕВА Л. В.</b> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОЛОГИИ SLAM С КООПЕРАЦИЕЙ НЕСКОЛЬКИХ МОБИЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ.....	92
© <b>ЛЕВА Д. С., РЕГО Г. Э., АЛЕКСЕЕВ И. В.</b> О ПРОБЛЕМЕ ОПТИМИЗАЦИИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО СКЛАДА ....	95
© <b>ЛИТВИНОВ Н. Е., СЫТНИК А. А., ШУЛЬГА Т. Э.</b> РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ КОНЕЧНОГО АВТОМАТА ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЗАКУПОК ПРЕДПРИЯТИЯ .....	97
© <b>МАМЧУР С. С., ГРИГОРЯН А. Г.</b> ОБЪЕКТИВИЗАЦИЯ МОТОРНЫХ СИМПТОМОВ ПАЦИЕНТОВ ПРИ БОЛЕЗНИ ПАРКИНСОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ЗРЕНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА .....	99
© <b>МАРАХТАНОВ А. Г., УГРЮМОВ А. Н.</b> О ПОДХОДАХ К СОЗДАНИЮ ПЛАТФОРМЫ РЕШЕНИЙ НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.....	101
© <b>МАХИЛЕВ Р. А., ЕКИМОВА Т. А.</b> МЕТОДЫ ПРЕДИКТИВНОЙ АНАЛИТИКИ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ СОСТАВА ЖЕЛЕЗОУГЛЕРОДИСТЫХ СПЛАВОВ .....	103

© <b>НАЗАРОВ А. И.</b> ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И МОДЕЛЕЙ НЕЙРОСЕТЕЙ В ОБУЧЕНИИ РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ .....	106
© <b>НОВИКОВА Д. А., РЕГО Г. Э.</b> ВЫЯВЛЕНИЕ МНОЖЕСТВЕННЫХ ПОБЕГОВ В ЯЧЕЙКЕ ДЛЯ КОНТЕЙНЕРИЗИРОВАННЫХ СЕЯНЦЕВ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА .....	109
© <b>ОСЬКИН К. И., ЕКИМОВ К. А.</b> РЕАЛИЗАЦИЯ МНОГОПОТОЧНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ КОНТРОЛЛЕРОВ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ.....	112
© <b>ПАВЛОВ М. П., РЫБИН Е. И., ИВАШНЕВ К. Р., МАРАХТАНОВ А. Г.</b> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВИДЕОАНАЛИТИКИ КОНТРОЛЯ ДЕФЕКТОВ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ .....	116
© <b>ПАРАМОНОВА С. С., СЕМЁНОВ А. В.</b> ОБЗОР МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ ТЕКСТОВ ПРИ ПОМОЩИ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	118
© <b>ПЛАТОНОВ А. А.</b> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ, СОВМЕСТИМЫХ С ARDUINO, В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ДЛЯ СТУДЕНТОВ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ «МЕДИЦИНСКАЯ ФИЗИКА» .....	123
© <b>ПОНОМАРЕВ В. А., РЫБИН Е. И.</b> ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОНФИГУРАЦИЕЙ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ANSIBLE В КОМПЬЮТЕРНЫХ КЛАССАХ ПетрГУ .....	126
© <b>РЁВИН Е. С., БОГОЯВЛЕНСКИЙ Ю. А.</b> МОДЕРНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ВИРТУАЛЬНОГО МУЗЕЯ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ ПетрГУ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ОБНОВЛЕНИЯ СИСТЕМНОЙ СРЕДЫ.....	127
© <b>РЕГО Е. В., КЛИМКОВА Н. А.</b> АДАПТАЦИЯ МЕДИАТЕКСТОВ НА НЕМЕЦКОМ ЯЗЫКЕ С ПОМОЩЬЮ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ПРИМЕРЕ МОДЕЛИ O1-PREVIEW .....	133
© <b>РОМАНЕНКО Г. М., МОСКИН Н. Д.</b> ОБ АЛГОРИТМАХ АНАЛИЗА ТЕКСТОВЫХ ЗАПРОСОВ ПРИ ЗАКАЗЕ БЛЮД В РЕСТОРАНАХ И КАФЕ.....	135
© <b>РЫБИН Е. И., КОРЗУН Д. Ж.</b> КОНФИГУРАЦИИ РАСПОЛОЖЕНИЯ КАМЕР И АЛГОРИТМЫ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМ МНОГОКАМЕРНОГО ЗРЕНИЯ .....	138
© <b>САДИЕХ С. А., РОГОВ А. А.</b> РЕАЛИЗАЦИЯ РУССКОЯЗЫЧНОГО КУРСА ПО ОБЪЯСНИМОМУ ИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ И ПРАКТИКОВ .....	141

© <b>СВЕТЛОВА А. С., МОСКИН Н. Д.</b> О WEB-РЕСУРСЕ ПО ОБУЧЕНИЮ РАЗРАБОТКЕ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ ПРОЕКТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BLENDER .....	144
© <b>СЕМЁНОВ С. А., МАРАХТАНОВ А. Г.</b> ГЕНЕРАЦИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ ДАТАСЕТОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ NLP ЗАДАЧ В МЕДИЦИНЕ .....	147
© <b>СЕМЕНОВА Е. Е., КРУЧЕК М. М.</b> ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ «КОНСТРУКТОР МАТРИЦЫ КОМПЕТЕНЦИЙ» .....	149
© <b>СЕНЮКОВ В. А.</b> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ И ДИСПАНСЕРИЗАЦИИ .....	151
© <b>СМИРНОВ Н. В., ДЗИДА В. А.</b> НАХОЖДЕНИЕ НАИБОЛЕЕ РЕЛЕВАНТНОГО ТЕКСТОВОГО ДОКУМЕНТА .....	153
© <b>СМИРНОВ Н. В., ИВАНОВ К. А.</b> ПРИМЕНЕНИЕ КЛАСТЕРИЗАЦИИ ПРИ РАЗРАБОТКЕ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ .....	156
© <b>СМИРНОВ Н. В., КОЛЧИН М. А.</b> ВОССТАНОВЛЕНИЕ СЛОВ ИЗ ИХ СОКРАЩЕНИЙ .....	158
© <b>СОВЕТНЫЙ И. Д., СЕМЁНОВ А. В.</b> МЕТОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ДАННЫХ ИЗ ОЦИФРОВАННЫХ ДОКУМЕНТОВ .....	161
© <b>СОЛОВЬЕВ А. В.</b> КЛИЕНТ-СЕРВЕРНЫЙ КОМПОНЕНТ КОМПЛЕКСА МНОГОПЛАНОВОЙ ПОДДЕРЖКИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА «КОМПОТ» ДЛЯ СБОРА СВЕДЕНИЯ О ПОЛЬЗОВАТЕЛЯХ СЛУЖБЫ RDP .....	163
© <b>СОЛОВЬЕВ А. В., МОЩЕВИКИН А. П.</b> ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ДЛЯ ВВЕДЕНИЯ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ СТУДЕНТОВ НАПРАВЛЕНИЯ «ИНФОРМАТИКА И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА» .....	165
© <b>ТЕРЕЩЕНКО Е. А., РОГОВ А. А.</b> ПРИМЕНЕНИЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА ДЛЯ АТРИБУЦИИ ТЕКСТОВЫХ ПРОИЗВЕДЕНИЙ .....	168
© <b>ФАЛЕВ А. С., ЧЕРЕХОВИЧ А. В., РЕГО Г. Э.</b> РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ТАКСАЦИИ .....	170
© <b>ХАЛЯПИН Д. В., САВОЛАЙНЕН В. А., РЕГО Г. Э.</b> РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ДИРИЖАБЛЕМ .....	172
© <b>ЧУВАШОВ А. А., КОЖЕВНИКОВА П. В., КУНЦЕВ В. Е., МУШИНСКИЙ В. Л.</b> РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ ОЦЕНКИ ДОСТОВЕРНОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕОРИИ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ В ТЕХНИЧЕСКИХ ОТРАСЛЯХ НАУКИ .....	177
© <b>ШУБИНСКИЙ М. И.</b> ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ ПО ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ .....	180

© <b>ЩЕГЛОВА А. А., ДИМИТРОВ В. М.</b> РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ И СЕРВЕРНОЙ ЧАСТИ АГРЕГАТОРА НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ СТАТЕЙ ИЗ ОТКРЫТЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	184
© <b>ЯСКЕЛЯЙНЕН С. Д., КОРЗУН Д. Ж.</b> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА СКОЛЬЗЯЩЕГО СРЕДНЕГО ДЛЯ СГЛАЖИВАНИЯ ДАННЫХ С ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ДАТЧИКОВ .....	187
<b>ИНДЕКС ФАМИЛИЙ АВТОРОВ СТАТЕЙ .....</b>	<b>190</b>
<b>ИНДЕКС НАИМЕНОВАНИЙ ОРГАНИЗАЦИЙ.....</b>	<b>192</b>
<b>СОДЕРЖАНИЕ.....</b>	<b>193</b>