

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ  
МАТЕМАТИКИ  
И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

**Сборник материалов  
XIII Республиканской научной конференции  
молодых учёных и студентов**

**23–24 ноября 2023 года**

Брест 2023

УДК 004+007+303+331+336+364+378+517+519+535+538+621+628+681+794  
ББК 22.11/.19+32.97  
С56

***Редакционная коллегия:***

**Главный редактор: Головко В. А.** – д-р техн. наук, профессор.  
**Парфомук С. И.** – канд. техн. наук, доцент;  
**Дереченник С. С.** – канд. техн. наук, доцент;  
**Махнист Л. П.** – канд. техн. наук, доцент;  
**Басик А.И.** – канд. физ.-мат. наук, доцент.

***Рецензенты:***

**Грицук Д. В.** – канд. физ.-мат наук;  
**Кот М. Г.** – канд. физ.-мат. наук.

***Программный комитет конференции:***

Председатель: **Головко В. А.** – д-р техн. наук, профессор (БрГТУ).  
Зам. председателя: **Парфиевич А.Н.** – канд. техн. наук (БрГТУ).

***Члены программного комитета:***

**Антоневич А.Б.** – д-р физ.-мат. наук, профессор (БГУ);  
**Краснопрошин В.В.** – д-р техн. наук, профессор (БГУ);  
**Голенков В. В.** – д-р техн. наук, профессор (БГУИР);  
**Махнист Л. П.** – канд. техн. наук, доцент (БрГТУ);  
**Дереченник С. С.** – канд. техн. наук, доцент (БрГТУ);  
**Парфомук С. И.** – канд. техн. наук, доцент (БрГТУ);  
**Грицук Д. В.** – канд. физ.-мат. наук, доцент (БрГУ им. А. С. Пушкина);  
**Сендер Н. Н.** – канд. физ.-мат. наук, доцент (БрГУ им. А. С. Пушкина).

**С56** **Современные проблемы математики и вычислительной техники** : сборник материалов XIII Республиканской научной конференции молодых ученых и студентов, Брест, 23–24 ноября 2023 г. / Брестский государственный технический университет; редкол.: В. А. Головко (гл. ред.) [и др.]. – Брест: БрГТУ, 2023. – 200 с.

**ISBN 978-985-493-612-3**

В сборнике представлены материалы докладов по современным проблемам интеллектуальных технологий обработки данных в научных и прикладных исследованиях, робототехники, моделирования нелинейных динамических процессов, аналитических и численных методов исследований в математике и их приложениях. Издание адресовано ученым и специалистам, а также аспирантам и студентам соответствующего профиля

УДК 004+007+303+331+336+364+378+517+519+535+538+621+628+681+794  
ББК 22.11/.19+32.97

ISBN 978-985-493-612-3

© «Издательство БрГТУ», 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

<i>Артюх М. Е. (Науч. рук. Марковская Н. В., канд. физ.-мат. наук, доцент)</i> Алгоритм «Априори» как инструмент для поиска ассоциативных правил.....	9
<i>Башаримов Ю.С. (Науч. рук. Курочка К.С., канд. техн. наук, доцент)</i> Определение количества бактерий <i>Bacillus thuringiensis</i> на изображениях полученных с помощью цифрового микроскопа.....	12
<i>Богдан Е. В. (Науч. рук. Фролов И. И., канд. техн. наук, доцент)</i> Оптимизация производительности ИИ в играх на Unreal Engine 4.....	16
<i>Грицук А. Е., Хомицкая Т. Г.</i> Некоторые аспекты в обработке текстовой информации.....	18
<i>Дворанинович Д. А., Аверина И. Н. (Науч. рук. Михняев А. Л.)</i> Применение автоэнкодерных сетей для восстановления изображений.....	21
<i>Зубова Д. А. (Науч. рук. Зайкова С. А., канд. физ.-мат. наук, доцент)</i> Технологические инновации и новые подходы в информационных системах планирования ресурсов для транспортной индустрии.....	25
<i>Марзан А. Н. (Науч. рук. Гладкий И. И.)</i> Вызовы и решения в мире нейронных сетей: анализ проблем и перспективы развития.....	28
<i>Попов А. В. (Науч. рук. Бурачёнок И. Б., канд. техн. наук, доцент)</i> Применение компьютерной стеганографии для защиты информации на основе встраивания цифровых водяных знаков.....	31
<i>Ровнейко М. А. (Науч. рук. Парфомук С. И., канд. техн. наук, доцент)</i> NFT как современная цифровая технология.....	35
<i>Русакович А. В.</i> Особенности работы алгоритмов обнаружения объектов на тепловизионных снимках.....	37
<i>Русина Н. В., Кондратьева И. Д., Корсакова С. К., Рыбакова И. Е.</i> Модели и средства проектирования интеллектуальных систем персонального медицинского обслуживания.....	41
<i>Санько Д.С. (Науч. рук. Кадан А.М., канд. техн. наук, доцент)</i> Контроль внимания и эмоций с использованием методов компьютерного зрения.....	45
<i>Сигаева Е.С. (Науч. рук. Вувуникян Ю.М., д-р физ.-мат. наук, профессор)</i> Применение глубокого обучения в обработке изображений: технологии и тенденции.....	49
<i>Удот Д.С. (Науч. рук. Просвирнина И.Б., канд. физ.-мат. наук, доцент)</i> Приложение «Помощник по написанию текстов».....	52

## СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РОБОТОТЕХНИКИ

*Катышков Р. С., Мисько Н. В. (Науч. рук. Сетько Е. А., канд. физ.-мат. наук, доцент)*

Программирование роботов.....57

*Матрунчик Ю.Н., Марченко И. С., Беликова К. А., Войтеховский И. И.*

Роботизированная пневматическая станция мехатроники.....59

*Руселевич Д. Д. (Науч. рук. Прохорович С. С.)*

Роевая роботизированная система «Коллектив»: принцип псевдо-роевой коммуникации.....63

*Томашов В. С. (Науч. рук. Касьяник В. В.)*

Применение робототехнического комплекса в сфере точного земледелия.....64

## АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

*Гнилякевич Д. Л. (Науч. рук. Разова Е. Л., канд. филос. наук, доцент)*

Системный анализ в эпоху развития информационных систем.....69

*Карагодин Д. Л. (Науч. рук. Муравьёв Г. Л., канд. техн. наук, доцент)*

Интеграция графических ресурсных элементов в шаблон проектов на Visual C++.....72

*Крот В. В.*

Программный комплекс для определения функции Паттерсона кристаллических образцов.....75

*Левчук А. А. (Науч. рук. Шуть В. Н., канд. техн. наук, доцент)*

Автоматизированная система управления маршрутных такси, компонента водителя.....78

*Леонович Н. Н.*

Моделирование и анализ экономики замкнутого цикла.....82

*Парфеевец И. А. (Науч. рук. Муравьёв Г. Л., канд. техн. наук, доцент)*

Опыт построения макетов проектов оконных приложений по спецификациям UML средствами C#.....86

*Реджепов В. А. (Науч. рук. Перцев Д. Ю., канд. техн. наук, доцент)*

Модель электронной схемы для снятия электрокардиограммы на основе микросхемы AD8232.....88

*Тарасевич М. Д. (Науч. рук. Прокопеня О. Н., канд. техн. наук, доцент)*

Автоматизированная система управления машиной для отжима воды из ила...92

## ЭЛЕКТРОННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ РАЗРАБОТКАХ

<b>Беззубик Г. А., Драчев Я. В. (Науч. рук. Кадан А. М., канд. техн. наук, доцент)</b> Исследование и обработка данных системы контроля и управления доступом (СКУД).....	97
<b>Белый М. А. (Науч. рук. Кремень Е. В., канд. физ.-мат. наук, доцент)</b> Автоматизация задачи анализа рынка труда Республики Беларусь в Power BI.....	100
<b>Богачёва А. Ю., Салей И. М. (Науч. рук. Кадан А. М., канд. техн. наук, доцент)</b> Создание видеоконтента с использованием систем искусственного интеллекта.....	102
<b>Бут-Гусаим Э. М. (Науч. рук. О. В. Белемук)</b> Разработка WEB-платформы для управления взаимодействием систем учета абонентов в ЕРИП.....	105
<b>Глод А. А. (Науч. рук. Кремень Ю.А., канд. физ.-мат. наук, доцент)</b> Разработка системы аналитической отчетности в Power BI.....	107
<b>Дубяга А. А., Аверина И. Н.</b> Реализация загрузки учетных документов в информационную базу 1С.....	108
<b>Заневский Е. К. (Науч. рук. Разова Е. Л., канд. филос. наук, доцент)</b> Проектирование информационных систем и технологические инновации для сферы аренды строительной техники.....	112
<b>Кисель Т. В.</b> Программное средство анализа результатов приемной кампании вуза.....	115
<b>Клебанович В. Н. (Науч. рук. Шуть В. Н., канд. техн. наук, доцент)</b> Алгоритм Дейкстры в организации городских пассажирских перевозок.....	117
<b>Крагель Е. А.</b> Система электронно-образовательных ресурсов как необходимый компонент при обучении слушателей-иностранцев математике на подготовительном отделении.....	120
<b>Кузьмина Е. В., Максимчук Е. А., Пальчастый Я. М.</b> Визуализация геометрических тел в среде MAPLE.....	124
<b>Куликов Д. А., Лелевич А. Г. (Науч. рук. Кадан А. М., канд. техн. наук, доцент)</b> Веб-приложение для распознавания студентов, присутствующих на учебных занятиях.....	127
<b>Лелевич А. Г., Куликов Д. А. (Науч. рук. Кадан А. М., канд. техн. наук, доцент)</b> Поиск нарушений правил дорожного движения в видеопотоке.....	131

<b>Лицкевич Е. Ю. (Науч. рук. Сазонова А. Т.)</b> Использование информационных ресурсы в сфере диагностики психологических заболеваний.....	134
<b>Мельник В. А., Русак Д. Н. (Науч. рук. Костюк Д. А., канд. техн. наук, доцент)</b> Изучение этапов эволюции конструкций средств управления курсором.....	137
<b>Осипова О. В., Сивко А. С.</b> Интеграция и влияние информационных технологий в педагогическую деятельность.....	142
<b>Палто Е. С., Разумейчик В. С.</b> Система обнаружения академического плагиата в программных проектах.....	146
<b>Примак Я. А. (Науч. рук. Кадан А. М., канд. техн. наук, доцент)</b> Библиотека электронных документов с возможностью использования в режиме базы знаний с самообслуживанием.....	149
<b>Савицкий И. В. (Науч. рук. Просвирнина И. Б., канд. физ.-мат. наук, доцент)</b> Построение сверточных нейронных сетей для решения задач классификации с помощью библиотеки Pytorch.....	152
<b>Уваров Н. И.</b> Трамвай на базе кассетно-конвейерной технологии городских скоростных перевозок.....	156
<b>Шитик Е. А., Цыркунович П. И., Юдин Г. В. (Науч. рук. Кадан А. М., канд. техн. наук, доцент)</b> К вопросу smart-управления экосистемой офиса.....	160
<b>Шульган А. А. (Науч. рук. Костюк Д. А., канд. техн. наук, доцент)</b> Унификация временных рядов гидрометеорологических данных с помощью фильтра Калмана.....	163

## АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В МАТЕМАТИКЕ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ

<b>Basik D. A., Haluts D. V., Kozinets R. N. (Scientific adviser: A. I. Basik, PhD in Physics and Mathematics, Assistant Professor)</b> On the fundamental solution of the biharmonic equation in $\mathbb{R}^4$ .....	169
<b>Горбач М. С. (Науч. рук. Матысик О. В., канд. физ.-мат. наук, доцент)</b> Априорные оценки погрешности для явного итерационного метода решения некорректных задач в полунорме гильбертова пространства.....	172
<b>Горбач М. С. (Науч. рук. Матысик О. В., канд. физ.-мат. наук, доцент)</b> Регуляризация некорректных задач в случае неединственного решения операторного уравнения.....	176
<b>Gritsuk D. V.</b> Derivative $\pi$ -length of $\pi$ -solvable groups, the order of cofactors is square-free....	179

<i>Дворанинович Д. А. (Науч. рук. Хомицкая Т. Г.)</i> Программная реализация решения задачи планирования рабочей силы.....	180
<i>Жежеров В. М., Лузько Т. А. (Науч. рук.: Махнист Л. П., канд. физ.-мат. наук, доцент; Каримова Т. И. канд. физ.-мат. наук, доцент)</i> Обучение двухкомпонентных нейронных сетей.....	184
<i>Жорох А. В. (Науч. рук. Матысик О. В., канд. физ.-мат. наук, доцент)</i> Выбор момента останова в итерационном методе явного типа решения некорректных уравнений первого рода.....	186
<i>Мирская Е. И., Каримова Т. И.</i> Сравнительный анализ дисперсии оценки спектральной плотности для различной степени пересечения интервалов.....	190
<i>Тарасюк Н. П., Тарасюк Е. Н., Кузуб В. А.</i> Применение метода матриц переноса для расчетов многослойных волноводных структур.....	192
<i>Хоха Д. И. (Науч. рук. Трифонова И. В., канд. физ.-мат. наук)</i> Алгоритм расчета центра масс круга с поврежденным сектором.....	195

# **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**

## АЛГОРИТМ «АПРИОРИ» КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ПОИСКА АССОЦИАТИВНЫХ ПРАВИЛ

*М. Е. Артюх*

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно  
Научный руководитель: Н. В. Марковская, кандидат физ.-мат. наук, доцент*

История создания алгоритма. Алгоритм «Apriori» был предложен Реймондом Агривале, Томасом Импеллицерри и Аруном Свами в статье, опубликованной в 1994 году. Эта статья, которая носила название "Извлечение ассоциативных правил между наборами элементов в больших базах данных" ("Mining Association Rules Between Sets of Items in Large Databases"), описывает основные идеи и методы алгоритма «Apriori». Идея алгоритма «Apriori» основана на использовании свойства антимонотонности функции поддержки. Это свойство гласит, что если набор элементов встречается в базе данных с частотой, превышающей заданный порог, то все его подмножества также встречаются с этой частотой. Это позволяет сократить пространство поиска ассоциативных правил, начиная с более частых элементов и постепенно увеличивая длину наборов. Алгоритм «Apriori» стал одним из первых и наиболее широко использованных методов для поиска ассоциативных правил в больших базах данных. Его простота и эффективность сделали его популярным инструментом в областях анализа данных, добычи знаний и машинного обучения [1-3].

Использование алгоритма. Ассоциативные правила описывают связи между различными элементами набора данных, выраженные в терминах "если-то", "то-то". Например, в магазине продуктов питания ассоциативное правило может выглядеть так: "Если покупатель покупает хлеб, то с высокой вероятностью он также купит молоко".

Основные понятия:

- Подмножество (itemset): это набор элементов, например, набор товаров, купленных вместе.
- Поддержка (support): это частота появления определенного подмножества в базе данных. Например, поддержка 3% для набора {хлеб, молоко} означает, что эти два товара вместе в 3% всех произведенных транзакций. Математическая формула для поддержки:

$$\text{поддержка (x)} = \frac{\text{число транзакций, содержащих x}}{\text{общее число транзакций в базе данных}}$$

Поддержка является важным показателем при использовании алгоритма «Apriori», поскольку позволяет выявлять наиболее часто встречающиеся наборы элементов в базе данных. При поиске ассоциативных правил в базе данных заданный порог поддержки определяет, какие наборы считаются значимыми. Набор, чья поддержка превышает заданный порог, считается "часто встречающимся" и используется для дальнейшего поиска ассоциативных правил. На практике, порог поддержки выбирается пользователем в зависимости от конкретной задачи и характеристик данных. Более высокий порог поддержки приводит

к выделению более общих и широких ассоциаций, в то время как более низкий порог позволяет выявить более узкие и специфичные ассоциации.

- Доверие: это вероятность того, что если в транзакции присутствует элемент {хлеб}, то в транзакции также будет присутствовать элемент {молоко}. Математическая формула для доверия:

$$\text{доверие}(x \rightarrow y) = \frac{\text{поддержка}(x \cup y)}{\text{поддержка}(x)}.$$

Высокое доверие означает, что правило часто верно, что делает его более интересным и полезным с точки зрения анализа данных.

- Лифт: лифт используют для оценки взаимосвязи между двумя элементами в наборе данных, основываясь на их частотах появления вместе и независимо друг от друга. Простыми словами, "лифт" позволяет определить, насколько вероятно, что два элемента будут выбраны вместе, учитывая их появление вместе в сравнении с тем, сколько раз каждый из них выбирается независимо. Математическая формула для «лифта»:

$$x \rightarrow y = \frac{\text{поддержка}(x \cup y)}{\text{поддержка}(x) \times \text{поддержка}(y)}.$$

Если:

а) лифт  $> 1$ , это означает, что события  $x$  и  $y$  чаще происходят вместе, чем если бы они были независимыми.

б) лифт  $< 1$ , это означает, что события  $x$  и  $y$  реже происходят вместе, чем ожидалось при независимости.

с) лифт  $= 1$ , это означает, что вероятность события  $x$  и  $y$  вместе такая же, если бы они были полностью независимыми друг от друга.

- Уверенность: это мера того, насколько часто определенное правило ассоциации верно в данных. Простыми словами, уверенность говорит о том, насколько вероятно, что если клиент выбрал один набор, то он выберет и другой. Математическая формула для «уверенности»:

$$\text{уверенность} = \frac{\text{поддержка}(x \cup y)}{\text{поддержка}(x)}.$$

Таким образом, уверенность измеряет, насколько часто правило соблюдается, основываясь на данных, и это важный показатель для определения полезности правил ассоциаций в алгоритме Априори.

Теоретический пример: Рассмотрим пример использования алгоритма «Априори» в контексте анализа покупок в магазине. Предположим, у нас есть база данных транзакций, где каждая транзакция представляет собой список продуктов, купленных одним покупателем.

Список транзакций из базы данных:

Транзакции
Хлеб, молоко, яйца
Хлеб, сок
Молоко, яйца, сок
Хлеб, молоко
Хлеб, яйца

Шаг 1. Определение поддержки

Устанавливаем порог поддержки на 2 транзакции:

- a) Хлеб: 4 транзакции содержат хлеб (поддержка = 4).
- b) Молоко: 3 транзакции содержат молоко (поддержка = 3).
- c) Яйца: 3 транзакции содержат яйца (поддержка = 3).
- d) Сок: 2 транзакции содержат сок (поддержка = 2).

Шаг 2. Генерация 2-х элементных наборов

Генерируем комбинации 2-х элементов из товаров с учетом порога поддержки:

- a) Хлеб, молоко: 2 транзакции содержат хлеб и молоко (поддержка = 2).
- b) Хлеб, яйца: 2 транзакции содержат хлеб и яйца (поддержка = 2).
- c) Молоко, яйца: 2 транзакции содержат молоко и яйца (поддержка = 2).

Шаг 3. Расчет лифта и выбор ассоциативных правил.

Рассчитываем лифт для каждой пары товаров и выбираем те, у которых лифт больше заданного порога, предположим, мы установили порог лифта = 1.

- a) Правило: Хлеб → Молоко (лифт =  $\frac{2}{\frac{4}{5} * \frac{3}{5}} \approx 1,67$ ).
- b) Правило: Хлеб → Яйца (лифт =  $\frac{2}{\frac{4}{5} * \frac{3}{5}} \approx 1,67$ ).
- c) Правило: Молоко → Яйца (лифт =  $\frac{2}{\frac{3}{5} * \frac{3}{5}} \approx 2,22$ ).

Итог: таким образом, мы выявили несколько ассоциативных правил. Например, правило "Молоко → Яйца" имеет лифт более 1, что указывает на положительную ассоциацию. Это может быть использовано магазином для тактик маркетинга, таких как совместные предложения или размещение товаров рядом друг с другом на полках для стимулирования совместных покупок.

Вывод: использование алгоритма «Априори» позволяет извлекать ценные знания из данных, выявляя закономерности и связи между различными элементами.

### Список литературы

1. Кот, К.А. Аффинитивный анализ данных потребительской корзины с помощью алгоритма Apriori / К.А. Кот, Н.В. Марковская // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. научных статей VIII Международ. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 11-12 мая 2022 года): / редкол.: В.А. Богуш [и др.]. – Минск: Бестпринт, 2022. – С. 234-239.
2. Марковская, Н. В. Интеллектуальный анализ данных: выделение ассоциаций с помощью алгоритма априори / Н. В. Марковская, А. Э. Городок // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : в 3 ч. Ч.

2 : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 г. / ред. кол.: В. А. Богуш. – Минск : Бестпринт, 2020. – С. 350-361.

3. Залога, А. Ю. Аффинитивный анализ данных. Поиск ассоциативных правил / А. Ю. Залога, Н. В. Марковская // BIG DATA Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : в 2 ч. Ч. 2 : сб. материалов V Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 13-14 марта 2019 г. – Минск : БГУИР, 2019. – С. 20-26.

УДК 004.89

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА БАКТЕРИЙ *BACILLUS THURINGIENSIS* НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ ПОЛУЧЕННЫХ С ПОМОЩЬЮ ЦИФРОВОГО МИКРОСКОПА**

*Ю. С. Башаримов*

*Гомельский государственный технический университет, Гомель, Беларусь  
Научный руководитель: К. С. Курочка, канд. техн. наук, доцент*

### **Введение.**

*Bacillus thuringiensis* var. *Kurstaki* – это бактерия, которая вырабатывает токсин, убивающий некоторых насекомых, особенно гусениц бабочек и молей. [1] Она используется как биологический пестицид для борьбы с вредителями на сельскохозяйственных культурах и лесах, который нуждается в количественной оценке.

Качество обработки напрямую связано с количеством бактерий, так как оно влияет на эффективность и безопасность биологического пестицида, а также на срок его хранения и применения. Не корректная концентрация бактерий для обработки может быть опасной для жизни и здоровья людей и животных, а также для окружающей среды.

Если концентрация бактерий слишком низкая, то она может не обеспечить достаточную эффективность биологического пестицида и не уничтожить вредителей, которые могут повредить урожай или распространить инфекции. Если концентрация бактерий слишком высокая, то она может привести к избыточному загрязнению почвы и воды, а также к риску интоксикации или аллергических реакций у людей и животных, которые контактируют с обработанными растениями или продуктами.

Поэтому важно соблюдать рекомендованные дозы и способы применения бактерий для обработки, а также контролировать их концентрацию с помощью специальных методов и оборудования.

**Способы подсчёта бактерий.** Существует несколько способов подсчёта бактерий, в зависимости от цели, типа и концентрации бактерий, квалификации персонала, а также доступности оборудования и реактивов. Ниже приведены наиболее распространённые способы подсчёта бактерий.

Подсчёт в счётной камере заключается в непосредственном подсчёте клеток бактерий под микроскопом с использованием специального предметного стекла с нанесённой сеткой. Этот способ прост, быстр и дешёв, но имеет низкую точность и не различает живые и мёртвые клетки.

Метод титра. Этот способ заключается в серийном разведении образца бактерий и посеве его на селективные питательные среды. Затем подсчитывают количество колоний, выросших на каждом разведении, и определяют концентрацию бактерий в исходном образце. Этот способ точен и позволяет учитывать только жизнеспособные клетки, но требует много времени, материалов и условий стерильности.

Нефелометрия – измерение светорассеяния бактериальной взвеси при прохождении через неё луча света. Чем больше концентрация бактерий, тем больше светорассеяние. Этот способ быстр и не требует разведения образца, но имеет низкую чувствительность и не учитывает жизнеспособность клеток.

Подсчёт жизнеспособных при использовании специальных реактивов, которые окрашивают только живые клетки бактерий, а мёртвые остаются без окраски. Затем подсчитывают количество окрашенных и неокрашенных клеток под микроскопом или с помощью автоматического счётчика. Этот способ точен и позволяет определить жизнеспособность клеток, но требует дорогих реактивов и оборудования.

Не каждый сельскохозяйственный деятель, особенно мелкий может самостоятельно подсчитать количество бактерий. Поскольку методы подсчёта дорогие, сложные, так как они требуют специального оборудования, реактивов, времени и условий.

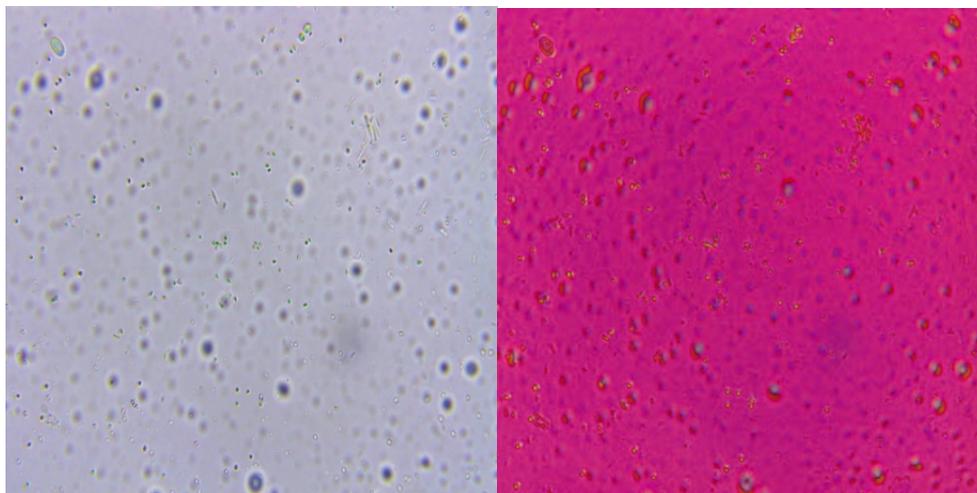
Поэтому предлагается использовать легковесное программное обеспечение на основе пороговых фильтров, которое не требует специальных условий и оборудования кроме цифрового микроскопа и позволит в полевых условиях подсчитать количество бактерий.

**Пороговый фильтр.** Пороговый фильтр – это один из методов обработки изображений, который позволяет разделить пиксели изображения на две группы по заданному уровню яркости (порогу) и присвоить им разные цвета [2]. Пороговый фильтр может помочь выделить интересующие объекты на изображении на фоне других объектов. Пороговый фильтр может быть простым или сложным, в зависимости от того, как выбирается порог и какие цвета присваиваются пикселям. Пороговый фильтр может быть полезным для анализа, сегментации, классификации или распознавания изображений в разных областях науки и техники [3, 4].

Пороговый фильтр может быть использован для выделения и подсчёта бактерий *Bacillus thuringiensis* из изображений микроскопа. Для этого необходимо выбрать такой порог, чтобы бактерии были хорошо видны на изображении, а затем подсчитать количество пикселей, соответствующих бактериям.

Для этого был написан пороговый фильтр на языке Python с использованием библиотеки OpenCV.

Преобразует исходные изображения с цифровой камера для микроскопа Levenhuk 510 из цветового пространства BGR (рисунок 1 слева), используемого по умолчанию в OpenCV, в HSV (рисунок 1 справа), которое лучше подходит для работы с цветами.



*Рисунок 1 – Исходное изображение и преобразованное в HSV*

Далее определяем диапазон зелёного цвета, который соответствует бактериям, который содержит три значения: оттенок (hue), насыщенность (saturation) и яркость (value) в диапазоне от 0 до 255. Диапазон зелёного цвета был выбран экспериментально, основываясь на визуальном анализе изображений микроскопа.

Создаём маску (рисунок 2) для зелёного цвета, которая будет содержать только пиксели, попадающие в заданный диапазон, а маска – это бинарное изображение, где белые пиксели соответствуют интересующему цвету, а черные – фону.



*Рисунок 2 – Маска*

После подсчитываем количество ненулевых пикселей в маске, которое соответствует площади бактерий возвращая число, равное количеству белых пикселей в маске.

Далее считаем площадь и количество бактерий, предполагая, что одна бактерия занимает примерно 5 пикселей. Это предположение основано на среднем размере бактерии, который составляет около 1 мкм, и разрешении изображения микроскопа, которое составляет около 0.2 мкм на пиксель.

**Заключение.** Таким образом, использование порогового фильтра представляет собой эффективный, быстрым, точным и дешевый, метод выделения бактерий *Bacillus thuringiensis* на изображениях микроскопа. Этот подход может значительно упростить и ускорить процесс анализа бактерий, а также не требовать специальных условий и оборудования.

В ходе данного процесса, изображения, полученные с помощью микроскопа, подвергаются обработке с использованием порогового фильтра. Этот фильтр преобразует изображение таким образом, что пиксели, значения которых не входят в диапазон, становятся черными, а нужные пиксели становятся белыми.

Результатом является бинарное изображение, на котором бактерии *Bacillus thuringiensis* хорошо видны на фоне. Это изображение затем можно использовать для дальнейшего анализа, такого как подсчёт количества бактерий или измерение их размеров.

### Список литературы

1. Sedlackova, V. The detection and quantification of *Bacillus thuringiensis* spores from soil and swabs using quantitative PCR as a model system for routine diagnostics of *Bacillus anthracis* / V Sedlackova, R Dziedzinska, V Babak, P Kralik – J Appl Microbiol. – 2017. P. 116-123
2. Guruprasad P. Overview of different thresholding methods in image processing / Guruprasad P. – TEQIP Sponsored 3rd National Conference on ETACC – 2020.
3. Kurochka K., Panarin K. Algorithm for real-time binary classification of adenomas and norms images obtained by confocal microscopy //15th International Conference Mechatronic Systems and Materials, MSM 2020. – 2020. – С. 9202107-9202107.
4. Kurachka K. S., Tsalka I. M. Vertebrae detection in X-ray images based on deep convolutional neural networks //2017 IEEE 14th International Scientific Conference on Informatics. – IEEE, 2017. – С. 194-196.

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ИИ В ИГРАХ НА UNREAL ENGINE 4

*Е. В. Богдан, БГУИР, Минск*

*Научный руководитель: И. И. Фролов, к. т. н., доцент*

Искусственный интеллект (ИИ) играет важную роль в современных играх, обеспечивая реалистичное поведение персонажей и создавая уникальные игровые ситуации. Однако, эффективность ИИ в играх на Unreal Engine 4 может быть значительно улучшена путем оптимизации различных аспектов, сильно зависящих от архитектуры и требований к выполняемым задачам персонажей. Однако во многих играх существуют общие моменты в разработке ИИ. В данном докладе опущена возможность оптимизации путем использования паттернов многопоточного программирования.

Если рассматривать игры, в которых персонажи способны перемещаться по карте и должны каким-либо образом взаимодействовать с окружением всегда встает вопрос о логике передвижения самого персонажа. Во многих игровых движках (например, Unity, Unreal Engine) есть навигационная сетка, которая достаточно хорошо оптимизирована и отказываться от использования которой чаще всего не стоит. Но можно оптимизировать, например, сам поиск пути. Во многих игровых ситуациях игровым персонажам нет необходимости видеть всю карту, знать местонахождение всех объектов на ней, достаточно наблюдать за объектами в заданном радиусе. Создав заранее структуру, хранящую упрощенную версию карты, можно лишь запрашивать необходимую точку у условного наблюдателя. При этом повышается скорость принятия решений и постройки пути за счет ограничения расстояния до нужной точки.

Помимо оптимизации построения маршрутов, можно оптимизировать и систему чувств (в Unreal Engine это AI Perception). Данная система может быть использована для огромного количества задач и ее необходимо оптимизировать для каждой выполняемой задачи отдельно. Например, часть AI Perception, отвечающая за слух, по своей сути является приемопередатчиком информации. При наличии данного органа чувств у персонажа он может как «слышать», так и «общаться». При «общении», всем объектам класса с AI Perception передается сигнал с тэгом, информации об источнике и так далее. Но стоит ограничивать количество возможных передающих и принимающих станций, так как данная система чувств будет реагировать на все объекты типа Actor. Это может снизить производительность. Можно использовать тег для определения типа звука (например, "стрельба", "шаги", "общение") и затем настроить ИИ агента, чтобы он реагировал только на информацию с определенными тегами. Помимо упрощенных тэгов можно оптимизировать и «общение» между персонажами. Нет необходимости хранить ссылки или иную информацию о союзниках. Если союзник находится рядом, достаточно передать необходимую информацию звуком,

через AI Perception. В случае, если же союзник не рядом, сообщение он не получит, т.к. реагировать на данный звук он и не должен. Так решается и задача уменьшения количества слушателей.

Также стоит упомянуть и систему адаптации на основе весов. Создание унифицированного дерева поведений или графа состояний всегда было затруднено, так как действия человека носят случайный характер и сложны для прогнозирования. Тем более, когда речь идет о множестве разных людей с разными целями, способностями. В создаваемом проекте персонажи должны будут реагировать на происходящее на карте и пытаться подстроиться под это. Во многих играх персонажи не будут менять свои действия при одном и том же действии игрока. Например, игрок может сознательно появляться в одном и том же месте снова и снова, тем самым обучая ИИ следить только за конкретной локацией и игнорировать всё остальное. Добавление вероятностей при принятии решений или, например, создание скрытых характеристик персонажей, которые будут изменяться как при загрузке уровня, так и плавно изменяться по ходу игры, могут снизить время разработки и в некоторых ситуациях оптимизировать алгоритмы поведения персонажей.

В заключение следует отметить, что оптимизация ИИ в играх – это сложная и многогранная задача, которая требует глубокого понимания как алгоритмов ИИ, так и особенностей игрового движка. Однако, благодаря разнообразию доступных техник и инструментов, разработчики могут создавать эффективные и убедительные ИИ-системы, которые улучшают игровой процесс и делают игры более интересными и захватывающими.

### **Список литературы**

1. Создание искусственного интеллекта для игр — от проектирования до оптимизации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/intel/articles/265679/> – Дата доступа: 18.11.2023.
2. AI optimisation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://forums.unrealengine.com/t/ai-optimization/352549> – Дата доступа: 18.11.2023.
3. AI Perception [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/InteractiveExperiences/ArtificialIntelligence/AI Perception/> – Дата доступа: 18.11.2023.

*А. Е. Грицук, Т. Г. Хомицкая*

*Брестский государственный технический университет, г. Брест*

В XXI веке объем информации, хранящейся и обрабатываемой в Интернете, удваивается каждые восемнадцать месяцев, причем до 95% всей информации является неструктурированной. Вместе с понятием информационного взрыва в обиход вошел термин Big Data, или Большие Данные, – совокупность структурированных и неструктурированных данных огромных объемов и значительного многообразия [1]. Сложившиеся условия делают способность обработки и анализа Big Data фактором конкурентного преимущества организации.

При обработке данных перед пользователем достаточно часто стоит задача, когда необходимо преобразовать список ФИО с полным вариантом написания имен и отчеств («Фамилия Имя Отчество») в форму «И.О. Фамилия» или «Фамилия И.О.» Для решения данной проблемы можно воспользоваться строеными возможностями и функциями офисных приложений (Microsoft Excel, Google Таблицы) или автоматизировать процесс, разработав алгоритм преобразования, реализованный на одном из языков программирования.

Пусть в исходном файле содержится список, представляющий собой набор из ФИО, где между фамилией и именем, именем и отчеством содержится символ пробела, а в конце строки после отчества – символ конца абзаца, причем некоторые имена или отчества могут быть набраны с нижнего регистра.

Суть преобразования основывается на формировании отдельных наборов из фамилий, имен и отчеств, на основании которых при помощи операции конкатенации формируется новая строковая величина требуемой формы.

В Microsoft Excel для реализации первого этапа можно использовать возможность приложения – разбиение текста по столбцам. Для этого необходимо выделить весь список данных, вызвать диалоговое окно «Мастер текстов (разбор)» (вкладка «Данные», группа «Работа с данными», кнопка «Текст по столбцам»). Затем последовательно выполнить три шага в диалоговом окне: указать, что формат данных содержит знаки-разделители (1) в виде символа «пробел» (2), а также задать ячейку (3), начиная с которой обеспечить вывод данных. Для контроля выполняемых действий диалоговое окно содержит образец разбора данных.

В Google Таблицах для проведения первого этапа можно использовать функцию `SPLIT()`, которая позволяет разбить «текстовую строку» по «разделителю» (рис. 1).

The screenshot shows a spreadsheet with the following data:

	A	B	C	D
1	Грицук ангелина евгеньевна	Грицук	ангелина	евгеньевна

The formula bar at the top shows: `=SPLIT(A1;" ")`

*Рисунок 1 – Пример использования функции `SPLIT()` для первого этапа.*

Очевидно, что использование функции в Google Таблицах является более гибким решением первого этапа, нежели процедурная реализация в Microsoft Excel, поскольку позволяет быстрее реагировать на исправления неточностей.

Выполнение второго этапа и в Microsoft Excel, и в Google Таблицах является одинаковым: вводится формула, включающая использование функции СЦЕПИТЬ() для объединения в одну строку последовательности строк, функции ЛЕВСИМВ() для выделения первых букв имени и отчества, функции ПРОПИСН() для преобразования каких-либо букв к прописному виду, т.е. в виде заглавных букв (рис. 2).

	A	B	C	D	E
1	Грицук ангелина евгеньевна	Грицук	ангелина	евгеньевна	Грицук А.Е.

Рисунок 2 – Пример формулы для выполнения второго этапа.

Таким образом может быть получен список фамилий с заглавными буквами инициалов, что соответствует требованиям поставленной задачи.

Рассмотрим подход, реализующий автоматизацию процесса выполнения представленных действий. Для программирования выберем язык C++.

Исходные данные для обработки представлены в текстовом файле ELB\_list.txt. Для корректной работы программы необходимо подключить заголовочные файлы, входящие в библиотеку `<iostream>` для обработки ввода-вывода в консоль; `<cstring>` для подключения функций обработки строк в C++ (`<string.h>` для C); `<fstream>` для работы с файловыми потоками и `<locale>` для поддержки локализации параметров, в частности для использования букв русского алфавита.

Для выполнения алгоритма в программной реализации исходный файл ELB\_list.txt открывается для чтения, а файл result.txt – для записи полученного результата действий. При просмотре первого файла построчно считывается информация в текстовом формате в переменную string для выполнения преобразований до тех пор, пока не будет достигнут конец файла.

Чтобы выполнить изменение считанной информации была разработана функция transform(), в которой для решения проблемы используются два указателя: один устанавливается на начало имени, второй – на начало отчества. На первом шаге определяются положения указателей. Для реализации этой цели был использован стандартный подход, в котором при просмотре каждого элемента массива string, происходит сравнение его кода с кодом символа «пробел». При равенстве кода просматриваемого символа и кода символа пробела устанавливается указатель на следующий элемент, который закономерно является началом имени. При повторном обнаружении пробела устанавливается указатель на следующий символ, являющийся началом отчества (рис. 3). Стоит заметить, что для достижения поставленной цели можно было также использовать функцию strchr().

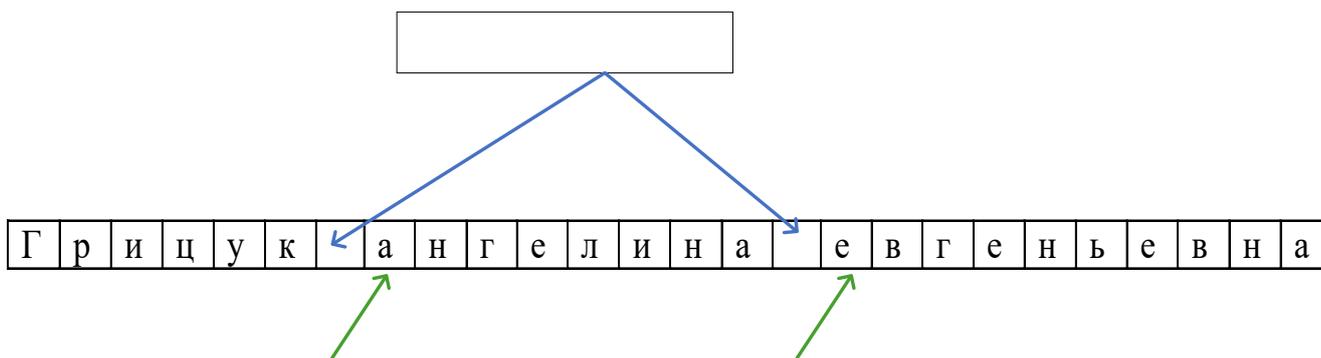


Рисунок 3 – Механизм установления указателей на инициалы.

После установления позиций инициалов на базе текущей строки создается новая строка по правилам составления ФИО в форме «Фамилия И.О.» (рис. 4).

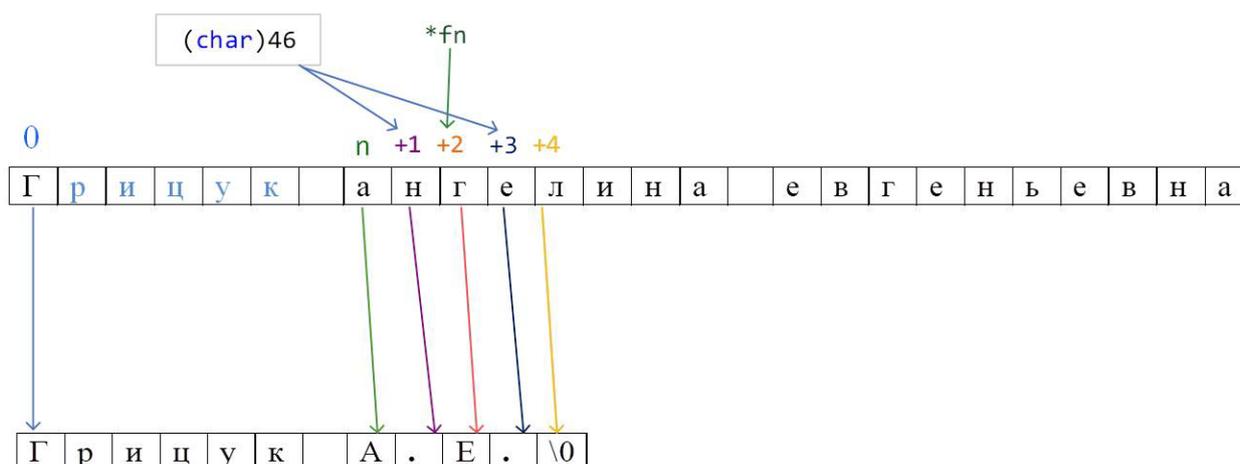
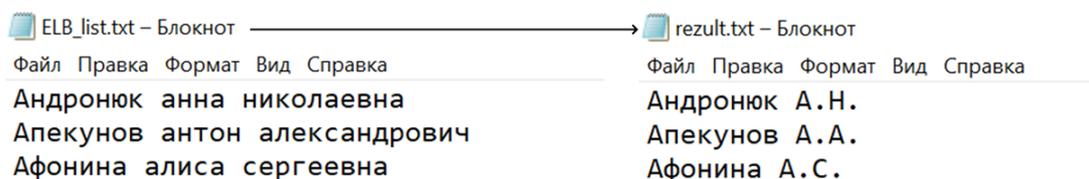


Рисунок 4 – Схема создания результирующей строки.

Если просматриваемый символ является началом строки (т.е. началом фамилии), то он по умолчанию преобразуется к прописному символу при помощи функции `tolower()`. Все остальные символы до указателя на первую букву имени переносятся без изменения.

Далее komponуется группа инициалов. На позицию, совпадающую с указателем на первую букву имени, устанавливается она же, преобразованная к прописному виду. На следующую позицию устанавливается символ «точка», за ним устанавливается символ, на который установлен указатель, соответствующий первой букве отчества, также преобразованный к прописному виду. Затем опять устанавливается символ «точка», а оставшиеся символы строки отсекаются с помощью нуль-терминатора.

Полученная строка является ожидаемым результатом работы функции (рис. 5).



*Рисунок 5 – Демонстрация результата работы программы.*

Стоит отметить, что данный алгоритм работает только с ФИО самой распространенной конфигурации: три последовательные однословные компоненты. Например, в случае ввода строки, которая содержит сложное имя, имеющее дефисное написание, результат выполнения программы не будет корректным, поскольку результирующая строка будет содержать единственный инициал имени при наличии в исходном виде двух букв имени. Таким образом, функция `transform()` для обработки C-строк требует дополнительного анализа и преобразований.

### Список литературы

1. Большие Данные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigdata-sfedu.github.io/> – Дата доступа: 08.11.2023.

УДК 681.3:004.89

## ПРИМЕНЕНИЕ АВТОЭНКODЕРНЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

*Д. А. Дворанинович, И. Н. Аверина*

*Брестский государственный технический университет, г. Брест*

*Научный руководитель: А. Л. Михняев*

В статье рассматривается возможность применения автоэнкодерных нейронных сетей для восстановления изображений.

Вопрос восстановления изображений в настоящее время достаточно актуален. Хотя большая часть информации, благодаря современным технологиям, получается без видимых искажений, существуют области, где восстановление информации с высокой точностью является важной прикладной задачей. К примеру, восстановление старых данных, а именно: старых аудиозаписей, изображений и прочего, когда на момент создания файлов техника не позволяла без помех записать некоторую информацию. Кроме того особо актуально на сегодняшний день получение точной информации от исследовательских станций в космическом пространстве, когда сигнал может значительно исказиться.

Для задач восстановления изображений давно применяются помехозащитное кодирование и разного рода методы фильтрации. Тем не менее, интересным является иной способ восстановления информации – нейросетевой, с помощью автоэнкодерных нейронных сетей. Так, актуальным является применение автоэнкодерных нейросетей при обработке изображений, например, в задачах

распознавания, где для лучшего результата изображение может подвергаться предварительной обработке с помощью нейросетей.

Автоэнкодер – это нейронная сеть, которая представляет собой совокупность двух частей: энкодера и декодера.

Энкодер – это часть нейронной сети, которая сжимает поступающую на вход информацию.

Декодер – это та часть, которая из сжатого представления формирует выходную информацию, что, в идеале, повторяет входную информацию.

Общая схема автоэнкодерной нейронной сети представлена на рисунке 1.

Это значит, что сжатие информации здесь осуществляется таким образом, чтобы восстановить информацию с наименьшими потерями [1].

В общем случае автоэнкодерные нейронные сети применяются для выделения наиболее важных информативных признаков (feature extraction) во входном пространстве образов [2, с. 136].

В теории это означает, что при сжатии некоторого объёма данных, основные признаки будут сохранены, а второстепенные отброшены. К основным признакам можно отнести то, что формирует основную информационную ценность обрабатываемых данных. К второстепенным – то, что не представляет информационной ценности.

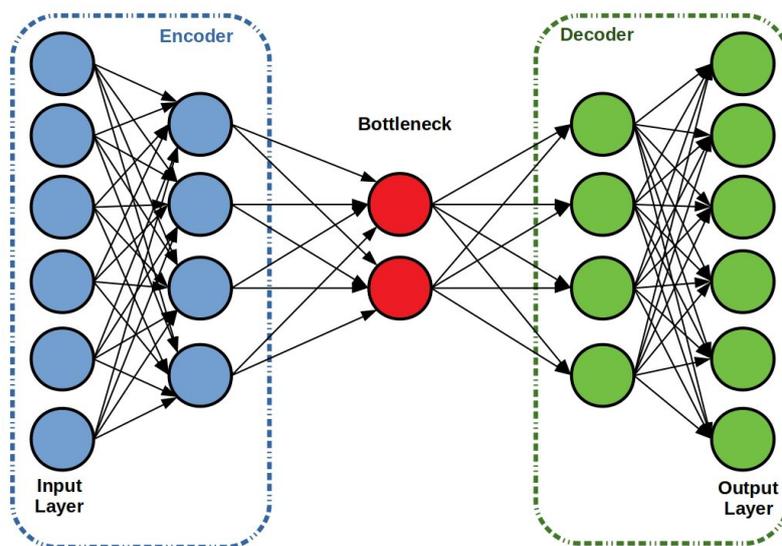


Рисунок 1 – Обобщенная схема автоэнкодерной нейронной сети

В качестве основных признаков можно рассматривать какую-либо реальную информацию без искажений, своего рода идеальную информацию. В качестве такой информации может выступать некоторый процесс, работающий в нормальном режиме, изображение без искажений, звуковые дорожки без помех и т.д. [1].

В качестве второстепенных признаков может выступать информация, которая не представляет собой информационной ценности, что искажает информацию. В качестве такой информации могут выступать, например, аномалии в некотором процессе, помехи, некоторые искажения в информации и прочее.

Исходя из вышеописанного можно констатировать, что при правильном обучении автоэнкодерные нейронные сети способны фильтровать изображение для удаления помех. Ведь с точки зрения изображения, любые помехи не несут информацию, и при сжатии и выделении основных компонент должны отбрасываться как второстепенные компоненты, не несущие информацию. Для автоэнкодерных нейронных сетей удаление второстепенной информации является своего рода побочным продуктом уменьшения размерности [1].

Данные предположения проверяемы на практике благодаря наличию разнообразных пакетов, которые позволяют создавать автоэнкодеры и другие нейронные сети с помощью заранее готовых методов и блоков.

Для тестирования будем применять библиотеку MNIST, которая будет модифицирована в соответствии с задачей. В частности, изображения будут зашумлены (рис. 2).



Рисунок 2 – Зашумленные изображения

В результате работы автоэнкодера получаем конечные изображения. На рисунке 3 представлена совокупность из трех строк изображений, где первая строка – исходные изображения, вторая – зашумленные изображения, третья строка содержит отфильтрованные изображения.

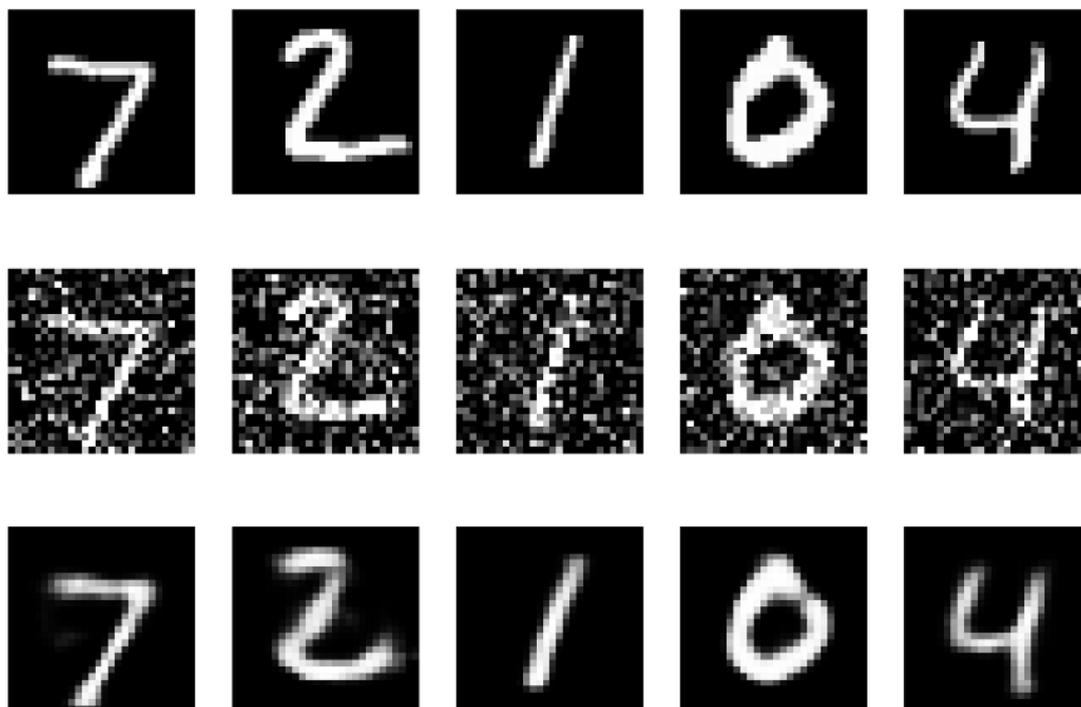


Рисунок 3 – Входные, зашумленные и отфильтрованные изображения

Для сравнения на рисунке 4 представлены изображения разной зашумленности, от меньшего слева, до большего справа. Формат данных аналогичен рисунку

3. Под каждым из них представлено изображение, отфильтрованное пороговым фильтром с окном 3x1.



Рисунок 4 – Входные, зашумленные и отфильтрованные с помощью порогового фильтра изображения

Несложно заметить, что при небольшой степени зашумленности фильтрация пороговым фильтром ничем не уступает фильтрации автоэнкодером. Но при увеличении зашумленности автоэнкодерные сети лучше справляются с фильтрацией изображения, чем указанный пороговый фильтр.

На основании проведенных исследований становится возможным сделать следующий вывод. Автоэнкодерные сети хорошо справляются с фильтрацией изображения при условии, что степень зашумленности относительно высока. Тем не менее, при условии малой зашумленности изображения результат автоэнкодерной сети становится сопоставимым даже с простейшими фильтрами для изображения. Совокупность таких характеристик позволяет применять автоэнкодеры для восстановления сильно зашумленных изображений.

### Список литературы

1. Михняев, А. Л. Обнаружение аномалий в данных технологического процесса / А. Л. Михняев, А. В. Пархоць, И. В. Абоимов, Д. А. Дворанинович // Цифровая среда: технологии и перспективы. DETP 2022, Брест, 31 октября 2022 / Министерство образования Республики Беларусь, Брестский государственный технический университет ; редкол.: Н. Н. Шалобыта [и др.]. – Брест : БрГТУ, 2022. – С. 62–65.
2. Головки, В. А. Нейросетевые технологии обработки данных : учеб. пособие / В. А. Головки, В. В. Краснопрошин. – Мн. : БГУ, 2017. – 263 с.

## **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ И НОВЫЕ ПОДХОДЫ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ ПЛАНИРОВАНИЯ РЕСУРСОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОЙ ИНДУСТРИИ**

*Д. А. Зубова*

*Научный руководитель: С. А. Зайкова, к. ф.-м. н., доцент  
УО «ГрГУ имени Я. Купалы», Гродно, Республика Беларусь*

Транспортная индустрия сталкивается с растущими проблемами в современном мире, а также требует эффективного планирования ресурсов. Чтобы сохранить конкурентное преимущество и удовлетворить потребности клиентов, необходимо оптимизировать процессы грузоперевозок, управлять транспортным парком, распределять задачи и ресурсы.

Информационные системы (ИС) являются важным инструментом для эффективного планирования ресурсов транспортной компании [1]. Они обеспечивают более точные и быстрые результаты, позволяя автоматизировать и оптимизировать процессы планирования, управления и контроля.

Однако ИС планирования ресурсов в транспортной отрасли продолжают развиваться вместе с новыми методами и технологиями. Благодаря технологическим достижениям появились новые возможности для оптимизации планирования и повышения эффективности транспортных компаний.

Целью этой статьи является обзор последних технологических достижений и методов в области ИС планирования ресурсов для транспортной отрасли.

В транспортной отрасли ИС планирования ресурсов играют важную роль, потому что они помогают компаниям оптимизировать и повысить эффективность своих операций. Они представляют собой сложные программные решения, которые позволяют управлять различными элементами планирования и управления ресурсами, такими как транспортные средства, грузы, склады, персонал и другие.

ИС планирования ресурсов решают основные проблемы: планирование и маршрутизация доставки, управление запасами и складами, планирование персонала и ресурсов, контроль и отчетность [3].

Маршруты доставки можно оптимизировать с помощью ИС, которые учитывают предпочтения клиентов, пиковое время, пробки и географические условия. Они помогают выбрать лучшие маршруты и распределить грузы между различными автомобилями, чтобы сократить время и расходы.

По прогнозированию потребности в ресурсах, оптимизации процессов снабжения и эффективному управлению складскими запасами помогают ИС. Они могут управлять запасами, снижать расходы и избегать перегрузок или недостатка ресурсов.

Учитывая рабочие часы, доступность ресурсов и требования клиентов, ИС помогают планировать расписание транспортных средств и персонала. Они улучшают процессы планирования и позволяют оптимизировать использование ресурсов.

Благодаря ИС компании могут отслеживать выполнение планов, оценивать производительность и анализировать результаты. Они предоставляют важные данные и аналитику, которые помогают в принятии решений и оптимизации операций.

Информационные системы планирования ресурсов помогают транспортным компаниям оптимизировать операции и повышать эффективность. Компании могут снизить затраты на топливо, сократить время доставки, а также улучшить обслуживание клиентов и повысить общую эффективность своих операций, автоматизируя и оптимизируя процессы.

Благодаря использованию ИС предприятия могут эффективно управлять запасами, избегать перегрузок или недостатка ресурсов на складе, а также снизить затраты на хранение и обработку грузов. Это снижает расходы на хранение, улучшает управление запасами и снижает потери из-за неправильного планирования ресурсов.

Кроме того, внедрение ИС может улучшить удовлетворенность клиентов: могут получать более точные и своевременные данные о статусе доставки, прогнозировать время прибытия и предупреждать о возможных задержках.

Транспортная промышленность использует информационные системы планирования ресурсов для получения преимуществ и улучшения процессов планирования ресурсов [2]. Рассмотрим основные инновации:

1. ИИ и МО используются для планирования ресурсов, оптимизации маршрутов доставки, прогнозирования спроса и анализа больших объемов данных. Благодаря этим технологиям можно автоматизировать процессы, делать более точные решения и адаптироваться к изменяющимся условиям.

2. Цифровые платформы объединяют различные стороны транспортной индустрии, такие как перевозчики, склады и грузовладельцы. Благодаря тому, что они гарантируют прозрачность, совместное использование данных и упрощенное взаимодействие между участниками, они способствуют лучшему планированию ресурсов.

3. Сейчас активно развиваются анализаторы данных. Аналитика данных позволяет предприятиям анализировать большие объемы данных для выявления тенденций, улучшения прогнозирования и принятия разумных решений. Компании могут предсказать потребности клиентов, улучшить качество обслуживания и оптимизировать использование ресурсов с помощью статистических моделей и алгоритмов.

4. Автоматизация обработки грузов, управление складами и выполнение рутинных задач являются примерами применения робототехники и автоматизации. Это повышает производительность, точность и надежность операций и снижает затраты.

5. Блокчейн используется для управления цепями поставок и обеспечения безопасности и прозрачности транзакций. Благодаря этому предприятия могут отслеживать и подтверждать достоверность информации о грузах, контрактах и платежах. Это улучшает производительность и надежность.

6. Для отслеживания и управления транспортными средствами, определения оптимальных маршрутов доставки и анализа влияния географических факторов на бизнес используются геолокация и геопространственные данные.

Новые подходы в ИС помогают транспортным компаниям справиться с вызовами современной индустрии, повысить эффективность своих операций и обеспечить более качественное обслуживание клиентов. Однако, внедрение новых технологий также сопряжено с рисками. Компаниям необходимо принимать меры по обеспечению безопасности данных, такие как шифрование, контроль доступа и мониторинг.

**Заключение.** Для внедрения этих инноваций необходимо выбрать правильную стратегию, изменить бизнес-процессы и обучить персонал. Компании, которые успешно используют технологические инновации в информационных системах планирования ресурсов, получают значительное преимущество на рынке, повышают свою конкурентоспособность и могут управлять своими операциями более эффективно.

В целом, информационные системы планирования ресурсов, основанные на технологических достижениях, стали мощным инструментом для транспортных компаний, которые могут повысить эффективность своих операций и оптимизировать их деятельность. Они помогают предприятиям использовать свои ресурсы более эффективно, что приводит к улучшению качества обслуживания и более высоким результатам.

#### **Список литературы**

1. An Overview on ERP for Transportation & Logistics // deskera.com. URL.: <https://www.deskera.com/blog/erp-for-transportation-logistics/> (дата обращения: 18.10.2023).

2. 5 trends of digital transformation in transportation and logistics // yoh.com. URL.: <https://www.yoh.com/blog/5-trends-of-digital-transformation-in-transportation-and-logistics> (дата обращения: 19.10.2023).

3. 11 Best Transportation Management Systems of 2023 // connecteam.com. URL.: <https://connecteam.com/transportation-management-systems/> (дата обращения: 17.10.2023).

## **ВЫЗОВЫ И РЕШЕНИЯ В МИРЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ: АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

*А. Н. Марзан*

*Брестский государственный технический университет, г. Брест*

*Научный руководитель: И. И. Гладкий*

Современный мир сталкивается с рядом сложных проблем в области математики и вычислительной техники, особенно в контексте развития машинного обучения и нейронных сетей. Эти технологии стали неотъемлемой частью информационного общества, но их развитие сопровождается вызовами, требующими внимательного анализа и решения.

Нейронные сети, как важный компонент машинного обучения, играют ключевую роль в решении сложных задач. Они представляют из себя системы, вдохновленные работой человеческого мозга, способные самостоятельно обучаться на основе предоставленных данных. Применение нейронных сетей охватывает широкий спектр областей, включая медицину и финансы, в частности в областях распознавания образов, обработки естественного языка и прогнозирования. Их способность к адаптации и обучению делает их мощным инструментом, но с этой мощью сопутствуют вызовы, требующие внимательного исследования и разработки.

Процесс обучения нейронных сетей сопровождается различными сложностями, такими как переобучение (слишком глубокая адаптация к обучающим данным, что может привести к потере обобщающей способности), недообучение (недостаточная адаптация, в результате чего модель не способна эффективно обобщать), а также потребность в обширных объемах обучающих данных. Возникают также требования к большим вычислительным ресурсам, затруднения с обработкой неструктурированных данных, и нестабильность алгоритмов, которая требует тщательного контроля. Эти вызовы являются особенно актуальными для различных типов нейронных сетей, каждая из которых направлена на решение конкретных задач. Давайте рассмотрим несколько конкретных примеров этих проблем для лучшего понимания их влияния на процесс обучения нейронных сетей.

Проблема переобучения (*overfitting*) происходит, когда модель слишком точно подстраивается под обучающие данные и теряет обобщающую способность на новых, ранее не виденных данных. Решение этой проблемы заключается в использовании техник, таких как регуляризация, ансамблирование и дропаут.

Недообучение, в свою очередь, представляет обратную сторону медали. Происходит, когда модель недостаточно сложна для выявления закономерностей в обучающих данных. Такая недостаточная адаптация может привести к плохому обобщению на новые данные и, следовательно, к низкой производительности модели. Решение этой проблемы включает в себя не только тщательный анализ обучающих данных, но также постоянное совершенствование методов обучения, чтобы обеспечить эффективное и полное обучение моделей.

Проблема необходимости большого количества данных для обучения. В зависимости от сложности задачи и архитектуры модели может потребоваться обширное разнообразие данных для эффективного обучения. Решение этого вопроса включает в себя использование методов обучения на малых данных, таких как трансферное обучение и генеративные модели.

Нестабильность алгоритмов представляет собой серьезный вызов, проявляющийся в изменчивости результатов обучения при небольших изменениях входных данных или параметрах модели. Решение этой проблемы включает в себя применение методов для обработки и чистки данных, таких как сжатие данных и фильтрация выбросов.

Нейронные сети могут иметь трудности с обработкой неструктурированных данных. Изображения, звук и текст - все это формы данных, которые требуют специальных архитектур. Например, сверточные нейронные сети эффективны при работе с изображениями, в то время как рекуррентные нейронные сети справляются с обработкой текстов.

Проблемы интерпретируемости и объяснимости также замедляют прогресс, особенно в областях, где важно понимать выводы модели, например, в медицине или юриспруденции. В таких случаях используются методы интерпретации, которые обеспечивают понимание работы модели и использованных признаков.

Безопасность нейронных сетей также вызывает беспокойство из-за возможности атак, таких как внедрение шума в данные или изменение параметров, ведущих к неправильным результатам. Защита от атак, такие как обнаружение аномалий или обработка входных данных, становится важной частью решения этой проблемы.

Использование нейронных сетей для обучения сталкивается с неотъемлемой необходимостью обширных вычислительных ресурсов, включая мощные компьютеры и графические процессоры (GPU). Это создает вызовы для многих исследователей и компаний, особенно с ограниченными бюджетами или доступом к высокопроизводительному оборудованию. Для преодоления этой проблемы, эффективным решением может быть перенос обучения на облачные сервисы, такие как Amazon Web Services (AWS) или Google Cloud Platform (GCP). Эти платформы предоставляют возможность арендовать вычислительные ресурсы по мере необходимости, что позволяет сэкономить затраты на приобретение и обслуживание дорогостоящего оборудования.

Дополнительно, стоит обратить внимание на технологии оптимизации кода и алгоритмов, которые могут повысить эффективность использования вычислительных ресурсов. Применение методов, направленных на улучшение распределения задач в параллельных вычислениях, может существенно снизить временные и финансовые затраты на обучение нейронных сетей.

Таким образом, эффективное управление вычислительными ресурсами, с использованием облачных платформ и оптимизации алгоритмов, становится важным шагом в обеспечении доступности обучения нейронных сетей даже при ограниченных бюджетных ограничениях.

Сложности в вычислительной технике включают в себя постоянное стремление к повышению производительности при снижении энергопотребления. Архитектурные решения, такие как параллельные вычисления и специализированные чипы, становятся все более важными для того, чтобы справляться с растущими требованиями нейронных сетей. Например, архитектурные решения, направленные на оптимизацию энергопотребления, могут включать в себя создание эффективных аппаратных платформ. Например, технология квантовых вычислений представляет собой технологическую инновацию, которая может предложить новый подход к решению проблем производительности. Они используют квантовые биты для обработки информации, что может значительно ускорить решение сложных задач, включая задачи, связанные с нейронными сетями.

В машинном обучении, в том числе в нейронных сетях, существует ряд математических проблем и вызовов, которые могут повлиять на эффективность и точность моделей. Вот несколько основных математических аспектов, которые могут представлять проблемы:

1. Градиентный спуск и затухание градиента: В процессе обучения нейронные сети обычно оптимизируются с использованием градиентного спуска. Однако может возникнуть проблема затухания градиента, когда градиенты становятся слишком маленькими, что затрудняет обновление весов.

2. Выбор функции активации: Выбор подходящей функции активации может представлять математическую сложность. Например, сигмоидные функции могут подвергаться проблеме затухания градиента, а функции ReLU (Rectified Linear Unit) могут привести к проблеме "мертвых нейронов".

3. Размерность пространства признаков: при работе с данными высокой размерности, особенно когда количество признаков превосходит количество наблюдений, может возникнуть проблема переобучения и потери обобщающей способности модели.

4. Регуляризация и управление сложностью модели: Выбор оптимальных параметров регуляризации для управления сложностью модели может быть сложной математической задачей, требующей тщательного подбора.

5. Функции потерь и их обобщение: Выбор подходящей функции потерь зависит от конкретной задачи машинного обучения, и некорректный выбор может привести к нежелательным результатам.

Решение этих математических проблем требует тщательного исследования, тестирования и тщательной настройки параметров модели. Это также одна из причин, по которой существует постоянное развитие новых методов и техник в области машинного обучения.

Таким образом, современные проблемы в математике и вычислительной технике требуют комплексного подхода. Исследования в области математики должны сосредоточиться не только на создании более эффективных методов обучения, но и на разработке новых математических инструментов для анализа сложных систем. Технологические инновации, включая квантовые вычисления

и оптимизированные архитектуры, предоставляют новые возможности для решения вызовов, стоящих перед современной математикой и вычислительной техникой.

### Список литературы

1. В. А. Головки, В. В. Краснопрошин. – Минск: БГУ, 2017. – 263 с. – (Классическое университетское издание).

УДК 004.056.5

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ СТЕГАНОГРАФИИ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ ВСТРАИВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ВОДЯНЫХ ЗНАКОВ

*А. В. Попов*

*Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,  
Новополоцк, Беларусь*

*Научный руководитель: И. Б. Бураченок к.т.н., доцент*

**Введение.** В современном информационном мире как никогда возникает проблема защиты прав собственности на информацию, представленную в цифровом виде. Примерами такой информации могут послужить фотографии, аудио и видеозаписи и т. п. Представление и передача сообщений в цифровом виде безусловно дает современному человеку большие преимущества при обмене информацией. Однако представление информации в цифровом виде и распространение ее посредством современных технологий способствует не только ее модификации, но и ее воровства. Информация может быть легко скопирована и распространена без согласия правообладателя. Данная проблема повлекла за собой развитие современных методов защиты информации, представленной в электронном виде. Причем, если рассматривать одно из направлений защиты – медиаконтент, то данное направление повлекло за собой большое количество исследований в области стеганографии. Таким образом, исследование методов компьютерной стеганографии, применяемых в медиа-файлах на основе встраивания цифровых водяных знаков, является актуальным.

**Цель работы** исследовать метод стеганографии Куттера-Джордана-Боссена для защиты медиаконтента.

При использовании стеганографических методов, защита информации происходит на трех уровнях [3]:

1. неизвестен сам факт передачи скрытой информации;
2. неизвестен алгоритм помещения скрытой информации в контейнер (под контейнером подразумевается открытый текст, где скрыта зашифрованная информация);
3. неизвестен способ кодирования информации.

Стеганография предоставляет такие направления как: встраивание информации с целью её скрытой передачи, встраивание цифровых водяных знаков, встраивание идентификационных номеров, встраивание заголовков. Она бывает нескольких видов: текстовая, сетевых файлов, видео, аудио и изображений [1].

Для защиты авторских прав видео, аудио, текстов и изображений лучше всего подходит встраивание цифровых водяных знаков. Данный метод допустимо применять для защиты авторских прав, например на студенческие дипломные, курсовые, проектные работы или же звуко- или видеозаписи.

Цифровой водяной знак (далее ЦВЗ) – специальная метка, незаметно внедряемая в изображение или другой сигнал с целью тем или иным образом контролировать его использование [2].

Метод ЦВЗ основан на принципе, который используется для защиты документов от подделки. Особенность этого метода в том, что он позволяет внедрять цифровые водяные знаки, которые не видны глазу, в отличие от традиционных водяных знаков. Для расшифровки этих скрытых знаков нужен специальный декодер. Метод ЦВЗ применим к изображениям, а также к аудио- и видеофайлам. ЦВЗ, делятся на несколько типов: ЦВЗ, которые выдерживают любые изменения контейнера, ЦВЗ, которые ломаются или меняются при небольшой модификации контейнера, ЦВЗ, которые реагируют по-разному на разные воздействия. Их также можно называть: устойчивыми, хрупкими и полухрупкими. [3]

У метода стеганографии есть множество различных алгоритмов реализации этих трёх уровне, примером есть, метод Куттера-Джордана-Боссена (метод креста) []. Метод Куттера-Джордана-Боссена относится к классу алгоритмов, осуществляющих скрытие данных в пространственной области. В алгоритмах этого класса внедрение ЦВЗ выполняется за счет изменения яркостной либо цветовой компонент пикселя. В этом методе отдельные биты водяного знака многократно внедряются в изображение путём изменения значения синего канала в пикселе. Это изменение пропорционально яркостной компоненте пикселя и может принимать как положительные, так и отрицательные значения в зависимости от значения встраиваемого бита водяного знака.

Далее более подробно рассмотрим метод Куттера-Джордана-Боссена (метод креста), для этого введём некоторые обозначения [4]:

$B_{x,y}$  – яркость синего цвета пикселя с координатами (x, y);

$B_{x,y}^*$  – изменённая яркость синего цвета пикселя;

$Y_{x,y}$  – яркость пикселя;

$m_i$  – i-ый бит сообщения, которое мы хотим встроить;

$f$  – коэффициент, задающий энергию встраиваемого бита данных (задаётся исходя из функционального назначения и особенности стегосистемы);

$\sigma$  – размер области, по которой будет прогнозироваться яркость.

Для встраивания информации в контейнер используется одно из свойств зрительной системы человека. Это свойство заключается в том, что восприимчивость человека к изменениям яркости синего цвета по сравнению с красным и

зелёным – меньше всего. И так, для встраивания информации будет использоваться синий цвет заданного контейнера-изображения. Изображение будем рассматривать в цветовой модели RGB как показано на рисунке 1.

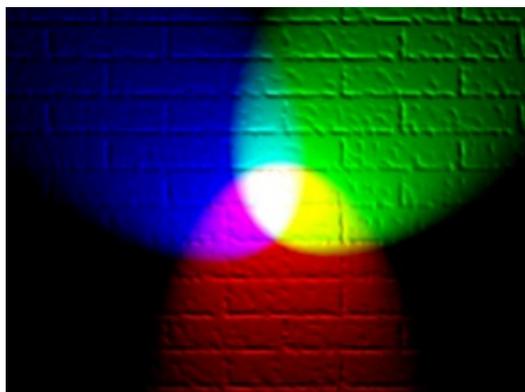


Рисунок 1 – Цветовая модель RGB

Встраивание информации будет производиться 1 бит сообщения в 1 пиксель контейнера. Секретный ключ задаёт координаты пикселей, в которые будет производиться встраивание. При встраивании яркости красного и зелёного цветов остаются без изменений, а яркость синего – изменяется по следующей формуле: [1]

$$B_{x,y}^* = \begin{cases} B_{x,y} + f * Y_{x,y}, & \text{при } m_i = 1 \\ B_{x,y} - f * Y_{x,y}, & \text{при } m_i = 0 \end{cases} \quad (1)$$

где  $f = 0.1$ ,  $Y_{x,y} = 0.3 * R_{x,y} + 0.59 * G_{x,y} + 0.11 * B_{x,y}$  [1]

Так как на принимающей стороне нет оригинального изображения, то гарантированно узнать в какую сторону изменилась яркость синего цвета мы не можем. Поэтому для извлечения прогнозируется значение яркости синего цвета как показано на рисунке 2:

$$\overline{B_{x,y}} = \frac{\sum_{i=1}^{\partial} (B_{x,y+i} + B_{x,y-i} + B_{x+i,y} + B_{x-i,y})}{4\partial}, \quad (2)$$

где  $\partial = 1/3$ .

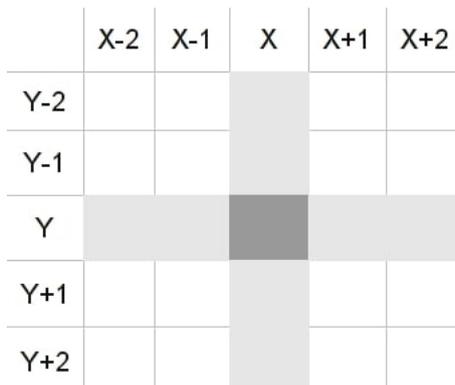


Рисунок 2 – Прогнозирование яркости синего цвета

Пиксель в центре – это пиксель, яркость синего цвета которого мы должны спрогнозировать, опираясь на пиксели, которые обозначены светло-серым цветом.

И наконец, для извлечения скрытого сообщения используется формула:

$$m_i = \begin{cases} 1, & \text{при } B_{x,y}^* > \overline{B_{x,y}} \\ 0, & \text{при } B_{x,y}^* < \overline{B_{x,y}} \end{cases} \quad [1]$$

**Вывод.** Таким образом, не вызывает сомнения актуальность данной тематики, стеганография имеет ряд преимуществ, например, что можно скрыть сам факт скрытия сообщения в контейнер, или же скрыть сам факт того, что кто-то пытался обойти подобную защиту и открыть содержимое или же конкретно скрыть сам файл. Всё это можно связать с защитой авторских прав. Однако следует заметить, что применение стеганографии в области авторского права является относительно новой технологией и кроме преимуществ она имеет и существенные недостатки, препятствующие ее массовому внедрению:

- отсутствие юридической поддержки при защите авторского права с помощью стеганографии (далеко не все органы власти и судебные органы на сегодня смогут принять в таком виде подтверждение авторства как доказательство);

- сложность защиты авторских прав на аудио- и видеоматериалы.

Исследованный алгоритм Куттера-Джордана-Боссена способен работать в режиме реального времени как для внесения скрытой информации в видео или же аудио поток, так и для ее извлечения, метод имеет ряд преимуществ перед другими методами, такими как простота реализации, незаметность внедрения, высокая устойчивость и гибкость. Метод может быть использован для различных целей, связанных с защитой и обработкой медиаконтента. Однако он слабо устойчив к шумовым искажениям, данный метод является эффективным и надежным способом применения компьютерной стеганографии для защиты информации на основе встраивания цифровых водяных знаков.

### Список литературы

1. Грибунин, В.Г. Цифровая стеганография: учебное пособие / В.Г. Грибунин, И.Н. Оков, И.В. Туринцев. – Москва: СОЛОН-ПРЕСС, 2009. – 264 с.
2. Коробкин, А. И. Требования к цифровым водяным знакам для защиты цифровых изображений / А. И. Коробкин // Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния: материалы Шестой междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20–21 мая 2021 г. / Ин-т приклад. физ. проблем Белорус. гос. ун-та ; редкол.: В. И. Попечиц [и др.]. – Минск, 2021. – с. 131-133.
3. Конахович, Г.Ф. Компьютерная стеганография. Теория и практика». / Конахович Г.Ф., Пузыренко А.Ю. – М.: «МК-Пресс» 2006. – 288 с.

4. Kutter M., Jordan F., Bossen F. Digital watermarking of color images using amplitude modulation (англ.) : журнал. – 1998. – 1 April.

УДК 336.648

## **NFT КАК СОВРЕМЕННАЯ ЦИФРОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ**

*М. А. Ровнейко*

*Брестский государственный технический университет, Брест*

*Научный руководитель: С. И. Парфомук, кандидат технических наук, доцент*

По данным английского словаря Collins, NFT – самое популярное слово нашей современности [3]. Этот факт объясняется тем, что у каждого пользователя в наши дни есть цифровые активы (документы в цифровом формате, бонусы в торговых сетях, сертификаты, страницы в социальных сетях, биткоины и др.). В связи с этим в настоящее время актуально предоставление возможности владения и управления цифровыми активами посредством блокчейн, которая наделяет невзаимозаменяемые ценности уникальными свойствами, индивидуализирует их [4].

Под токеном следует понимать единицу учёта для представления цифрового баланса в активе – таким образом токен выполняет функцию заменителя ценных бумаг и представляет собой запись в блокчейне, управляемую посредством смарт-контракта.

Аббревиатура NFT расшифровывается как «non-fungible token», то есть невзаимозаменяемый токен. NFT уникальны тем, что не обладают свойством взаимозаменяемости.

История NF-токенов ведёт отсчёт с 2013–2014 годов – в этот период проходили опыты с NFT на скриптовом языке блокчейна Bitcoin (проекты Colored Coins и Counterparty). В 2015 г. был начат NFT-проект Etheria – он был продемонстрирован на первой конференции разработчиков блокчейна Ethereum, которая проходила в Лондоне. Через год был запущен NFT-проект PixelMap, который хранит изображения непосредственно в блокчейне. В 2017 г. блокчейн Ethereum стал популярен по той причине, что в него было встроено создание и хранение токенов. В этом году был введён термин «невзаимозаменяемый токен» – NFT. В 2018 г. Decentraland (виртуальный мир, основанный на блокчейне) привлёк 26 млн долларов на первичном размещении монет. В течение 2020 г. на рынке NFT наблюдался быстрый рост, его стоимость достигла 250 млн долларов. Объём рынка 2021 г. оценивается в 2–3 млн долларов в месяц. Последние годы лидирующие позиции занял проект CryptoKitties.

К свойствам NF-токенов следует отнести уникальность, неделимость, быстроту операций, стандартизацию, свободную торговлю, ликвидность, программируемость, неизменность и доказуемый дефицит.



## ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ТЕПЛОВИЗИОННЫХ СНИМКАХ

*А. В. Русакович  
БГУИР, г. Минск*

Алгоритмы обнаружения объектов схожи как для тепловизионных снимков, так и для цветных, однако с учетом отличительных признаков специализированного оборудования, нельзя использовать одинаковые алгоритмы. В данной работе под цветным снимком понимается трёхканальное изображение, содержащее значения яркости для красного, зелёного и синего цветов, пример которого приведен на рисунке 1. Тепловизионным называется одноканальное изображение, которое содержит только одну яркостную составляющую, сформированную на основе инфракрасного спектра, как показано на рисунке 2. Целью данной работы является описание особенностей работы алгоритмов обнаружения объектов на тепловизионных снимках в сравнении с цветными.



*Рисунок 1 – Цветное изображение [3]*



*Рисунок 2 – Тепловизионное изображение [3]*

Рассмотрены изображения, которые получены с тепловизионных сенсоров и цветных сенсоров видимого спектра. Работа с монохромными изображениями видимого спектра не рассматривается. У тепловизионных сенсоров разрешение ниже, чем у сенсоров видимого спектра: например, тепловизионные изображения были получены с помощью FLIR Tau2 с разрешением 640x512 (13 мм f/1.0, 45-градусный HFOV и 37-градусный VFOV) [1], изображения в формате RGB были получены с помощью FLIR BlackFly с разрешением 1280x512 пикселей (объектив 4-8 мм f/1,4-16 мегапикселей с углом обзора, соответствующим Tau2) [2]. В обеих камерах использовались настройки по умолчанию. Следовательно, при сравнении разрешений имеется разница. В некоторых случаях она достигает нескольких порядков. Для части алгоритмов обнаружения конкретных объектов необходима детализация, которую в полной мере не может предоставить тепловизионное изображение. Следовательно, использова-

ние изображений такого типа снизит вероятность детектирования объектов по сравнению с цветными.

На тепловизионных сенсорах управление чувствительностью происходит только посредством усиления сигнала. На сенсорах видимого спектра есть дополнительная возможность регулировать выдержку по времени, что позволяет увеличивать соотношение сигнал/шум. Данные особенности связаны с алгоритмами работы сенсоров. В случае тепловизионного сенсора сигнал пропорционален разнице температур между объектом и фоном. Поскольку все объекты нагреты неравномерно, они с разной интенсивностью излучают энергию в инфракрасном диапазоне. Чем больше разница между интенсивностями излучений разных объектов, тем более контрастное изображение появляется на тепловизионном сенсоре. У сенсоров видимого спектра сигнал зависит от количества фотонов, попавших в чувствительную ячейку сенсора: чем больше время выдержки, тем выше уровень сигнала. Истинный цвет объекта на изображении формируется путем объединения яркостей каждого из цветовых каналов. Таким образом, для сенсоров видимого спектра используется больше вариантов регулировки чувствительности в сравнении с тепловизионными.

В связи с особенностью работы сенсоров, у тепловизионного есть основное преимущество: он позволяет фиксировать объект за пределами видимости человеческого спектра и в ночное время суток. Например, при съёмке в лесу тепловизионный сенсор позволит увидеть кабана за листвой и деревьями, тогда как на цветном изображении будет отображен только лес, который является фоном.

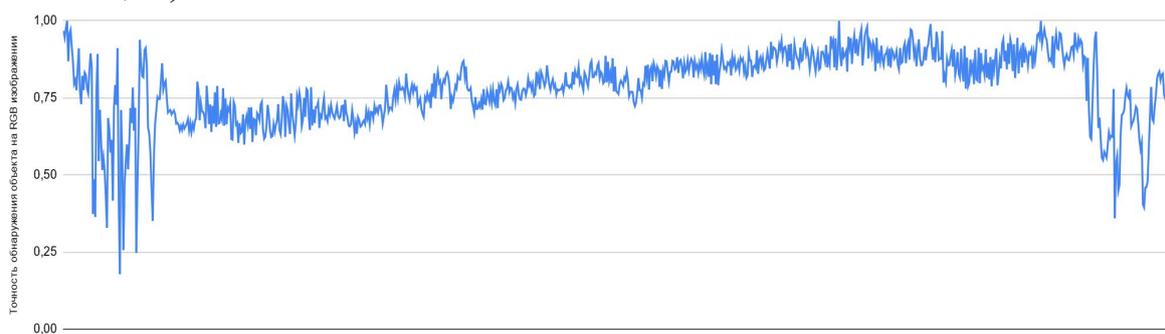
При работе с тепловизионным изображением в условиях температуры окружающей среды, соизмеримой с температурой отслеживаемого объекта, на тепловизионном изображении будет практически невозможно различить детали, что препятствует работе алгоритмов в таких погодных условиях. Для сенсоров видимого спектра такие природные условия являются наилучшими для работы алгоритмов отслеживания объектов. В ночное время суток с тепловизионного сенсора можно получить гораздо больше подробной информации для работы алгоритмов, чем с сенсора видимого спектра.

При использовании тепловизионных сенсоров следует учитывать, что металлические объекты выглядят как объекты с очень высокой температурой, даже если они холодные, а через стекло и воду сенсор не сможет ничего зафиксировать из-за того, что они поглощают и равномерно распределяют тепловое излучение рассматриваемого объекта. Вместо этого тепловизионный сенсор измерит температуры стекла или воды.

У тепловизионного и цветного изображений отличается предварительная обработка: у первого нужно устранять неравномерности чувствительности сенсора, что увеличивает время, которое необходимо на обработку каждого монохромного кадра. В связи с этим раз в несколько минут тепловизионный сенсор необходимо остановить и перекалибровать, что накладывает дополнительные сложности на алгоритмы цифровой обработки изображений и, в частности, на алгоритмы обнаружения объектов: поскольку в результате калибровки у одного и того же объекта может значительно различаться яркость из-за появления или исчезновения в кадре “теплого” источника.

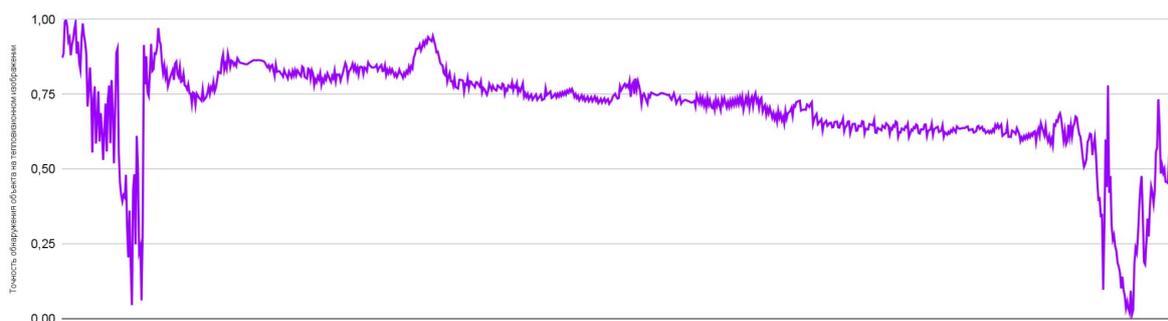
Тепловизионные сенсоры получают монохромное изображение, что не позволяет полноценно использовать алгоритмы цифровой обработки, которые используют в своей работе несколько цветовых каналов.

Был проведен эксперимент, который подтверждает, что для тепловизионных и цветных изображений необходимо использовать разные алгоритмы обнаружения объектов. Для проверки теории был взят разработанный алгоритм обнаружения объектов для цветных изображений и два видео: RGB и тепловизионное. На видео человек проходит по комнате, берёт книгу, садится на диван, пролистывает ее, встает и уходит из помещения. Видео составило 948 кадров. В двух случаях (тепловизионном и RGB) размеченное вручную видео было принято за эталонный вариант. Далее разработанный алгоритм определил положение объекта на каждом кадре видео. После было выполнено покадровое сравнение площадей рамок обнаружения. Для варианта RGB был получен график 1 (рисунке 3), на котором представлен график, отображающий отношение площади пересечения эталонной рамки и рамки, определённой разработанным алгоритмом к площади эталонной рамки на RGB изображении. По приведенному графику можно сделать вывод, что средняя точность распознавания на RGB изображении достигает  $(78,67 \pm 11,32)\%$ .



*Рисунок 3 – График, отображающий отношение площади пересечения эталонной рамки и рамки, определённой разработанным алгоритмом к площади эталонной рамки на цветном снимке*

Для тепловизионного варианта был получен график 2 (рисунк 4), на котором представлен график, отображающий отношение площади пересечения эталонной рамки и рамки, определённой разработанным алгоритмом к площади эталонной рамки на тепловизионном изображении. Таким образом, по приведенному графику можно сделать вывод, что точность распознавания на тепловизионном изображении достигает 65%, что хуже, чем на аналогичном цветном изображении. В процессе работы алгоритма обнаружения движения на тепловизионном изображении он переключился на другой объект, хотя на аналогичном цветном изображении объект слежения не изменился.



*Рисунок 4 – График, отображающий отношение площади пересечения эталонной рамки и рамки, определённой разработанным алгоритмом к площади эталонной рамки на тепловизионном снимке*

Таким образом, цветные и тепловизионные изображения имеют много общего. У каждого из них есть варианты, в которых они предоставляют больше полезной информации в сравнении с конкурентом. Несмотря на некоторые различия между ними, не существует фундаментальных отличий в алгоритмах обработки, в том числе обнаружения объектов. Однако, как показывает эксперимент, не целесообразно применение алгоритмов, разработанных для цветных изображений, к обработке данных, полученных с тепловизионных сенсоров. При использовании монохромных источников данных следует применять алгоритмы на основе нейронных сетей, которые проще в адаптации, потому что они требуют лишь изменения коэффициентов (весов), а не разработки алгоритма целиком.

### Список литературы

1. Тепловизионный модуль FLIR Tau2: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.aplinter.com/wp-content/uploads/2020/09/01-flir-tau-2-Datasheet.pdf>. – Дата доступа: 04.10.2023.
2. Тепловизионный модуль FLIR BlackFly: [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://hexagondownloads.blob.core.windows.net/public/AutonomousStuff/wp-content/uploads/2019/05/Blackfly-GE-datasheet-whitelabel.pdf> – Дата доступа: 04.10.2023.
3. FLIR Thermal Images Dataset: [Электронный ресурс] – Режим доступа: – <https://www.kaggle.com/datasets/deepnewbie/flir-thermal-images-dataset>. – Дата доступа: 17.10.2023.

## **МОДЕЛИ И СРЕДСТВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРСОНАЛЬНОГО МЕДИЦИНСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

*Н. В. Русина, И. Д. Кондратьева, С. К. Корсакова, И. Е. Рыбакова  
Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск*

В работе описаны принципы и методики проектирования интеллектуальных систем персонального медицинского обслуживания, затрагивая аспекты приватности, этики, совместимости с техническими системами. Также сформированы аспекты, на которые должны опираться разработчики и системные инженеры при создании подобных систем.

### **Введение**

На сегодняшний момент использование персональных ассистентов приобретает все большую актуальность. Персональные ассистенты имеют огромную возможности стать основной точкой взаимодействия пользователя с информацией и в том числе, сервисами. Они могут стать универсальным интерфейсом, позволяющим интегрировать и использовать различные ресурсы и сервисы на унифицированной основе, учитывая индивидуальные характеристики пользователей. Разновидностью таких виртуальных ассистентов являются персональные медицинские ассистенты (ПМА), а именно персональные медицинские ассистенты контроля и мониторинга здоровья (ПМАКиМЗ) - специализированные программные системы или устройства, которые предназначены для персонифицированной помощи в отслеживании, контроле и улучшении здоровья и медицинских данных.

### **I. Проблематика систем персонального медицинского обслуживания**

Некоторые медицинские ассистенты ограничены в работе только с определенными системами или устройствами, что затрудняет обмен информацией между разными поставщиками здравоохранения.

Использование ПМА не должно заменять врачей и медицинский персонал, а должно служить дополнением. Недостаток сотрудничества между разными специалистами и дисциплинами может создать проблемы в долгосрочном уходе и лечении пациентов.

Пациенты и медицинский персонал могут не иметь достаточного уровня знаний, чтобы правильно использовать медицинский ассистент и понимать предоставляемую им информацию. Это может привести к неправильному использованию или недопониманию результатов.

ПМА могут быть неполными или недостаточно точными при предоставлении медицинских советов или информации. Неверные рекомендации могут повлечь за собой негативные последствия для здоровья.

Для использования системы требуется доступ к интернету и соответствующей технологической инфраструктуре. Это может ограничить доступность ПМА для некоторых групп пациентов, особенно для тех, кто живет в отдаленных или недостаточно технологически развитых регионах.

В использовании персонального медицинского ассистента возникают этические вопросы, связанные с сбором и использованием медицинских данных, а также с автономией пациента и конфиденциальностью.

## II. Требования к персональному медицинскому ассистенту

Персональный медицинский ассистент должен обладать рядом ключевых характеристик и функций, чтобы эффективно служить пациентам и помогать им в контроле и управлении их здоровьем. Ниже приведены некоторые аспекты, которые определяют уровень качества персонального медицинского ассистента.

Интероперабельность и совместимость. Система должна иметь способность наладить взаимодействие с разными медицинскими системами и устройствами для обеспечения непрерывности поддержания здоровья.

Обучаемость. Использование технологий искусственного интеллекта позволяет ПМА расширять собственную базу знаний и повышать количество и качество сформированных навыков: анализ состояния пользователя, напоминания о приеме лекарств, визитах к врачу, механизмы связи с медицинскими специалистами, и так далее.

Персонализация. ПМА должен адаптироваться к уникальным потребностям каждого пациента, предоставляя персонализированные рекомендации и информацию.

Сбор и мониторинг медицинских данных. Система должна иметь возможность собирать и мониторить медицинские данные пациента, такие как вес, давление, уровень сахара в крови и другие, и предоставлять анализ и отчеты.

Предоставление полной информации пользователю. Ассистент должен предоставлять информацию о рисках, заболеваниях, лечении, лекарствах и здоровом образе жизни, анализировать большие объемы данных и выявлять тенденции и аномалии, а также иметь способность дообучать пользователя на основе сформированной базы знаний.

## III. Предлагаемый подход

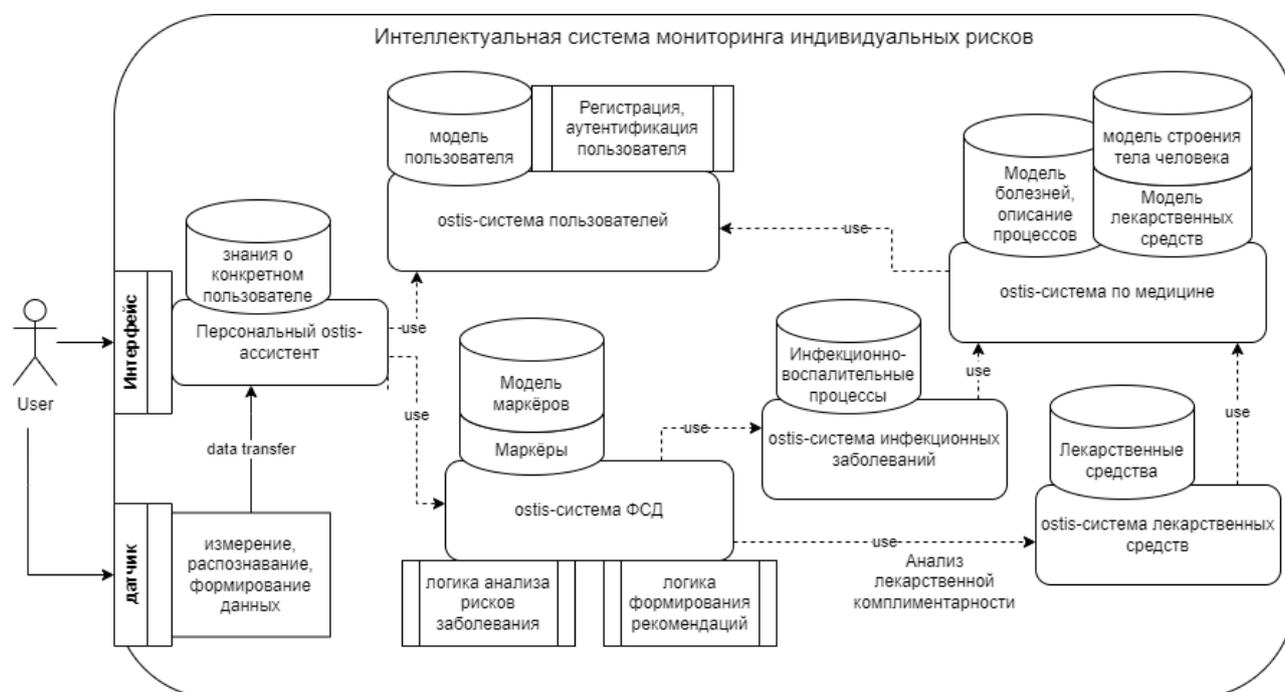
В качестве ИС рассмотрим системы на основе Технологии OSTIS [3]. Предлагаемый подход предполагает хранение в базах знаний систем онтологий и предметных областей, описывающих:

- модель пользователя;
- модель болезни;
- модель строения тела человека;
- модель лекарственных средств.

Реализация в базе знаний конкретных элементов формируется на основе онтологий. Это позволяет поддерживать семантическую совместимость базы знаний системы на высоком уровне, а также позволяет системам обмениваться информацией друг с другом.

Для хранения персональных данных используется база знаний персонального ostis-ассистента. Такая система основана на онтологии пользователя и является системой-интерфейсом для пользователя с остальными системами. Персональный ostis-ассистент способен взаимодействовать с другими системами и использовать их функционал для своих целей: анализ текущих данных и вывод результата пользователю, агрегирование для формирования статистики, формирование новых знаний на основе имеющихся.

В такую систему можно интегрировать различные методы диагностики. Пример структуры системы, использующей методы ФСД-диагностики, представлен на рисунке.



Основной целью создания такой ИС является выявление рисков развития заболеваний и латентных(скрытых) стадий их развития, а также для своевременной диагностики манифестных заболеваний, используя алгоритм:

1. запись волнового сигнала организма и вычисление Добеши-3 вейвлетов;
2. формирование вейвлет образа пациента и логико-статистическое распознавание диагностических маркеров;
3. выявление информативных маркеров и логико-статистическое распознавание рисков патогенеза;

4. формирование профиля рисков и логико-семантическое распознавание системных процессов;

5. формирование профиля системных процессов и логико-семантическая генерация индивидуального сценария профилактического оздоровления.

#### IV. Заключение

Интеллектуальная система медицинского обслуживания предназначена для мониторинга здоровья с учетом интеграции информационных и программных систем. Использование Технологии OSTIS открывает наиболее прозрачные перспективы онтологического проектирования, производства и эксплуатации семантически совместимых гибридных

интеллектуальных компьютерных систем мониторинга здоровья и других интеллектуальных медицинских систем.

#### Список литературы

1. [1] Уотермен, Д. Руководство по экспертным системам: Пер. с англ.-М.: Мир, 1989.-388 с., ил.

2. [2] Ростовцев, В. Н. Основы здоровья / В. Н. Ростовцев. – Мн.: Минсктип-проект, 2002. – 110 с.

3. [3] Голенков, В. В. Открытая технология онтологического проектирования, производства и эксплуатации семантически совместимых гибридных интеллектуальных компьютерных систем / В. В. Голенков, Н. А. Гулякина, Д. В. Шункевич. – Минск : Бестпринт, 2021. – 690 с.

## **КОНТРОЛЬ ВНИМАНИЯ И ЭМОЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ**

*Д. С. Санько*

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно  
Научный руководитель: А. М. Кадан, кандидат технических наук, доцент*

Лицо – зеркало души, как сказал Марк Туллий Цицерон. И вот уже две тысячи лет распознавание эмоций на лице человека является актуальным направлением исследований в различных областях, включая психологию, медицину, инженерные технологии, рекламу, развлечения и образование.

Первое, что делает распознавание эмоций на лице важным, это то, что лицо является основным источником информации о внутреннем состоянии человека. Выражения лица могут передавать различные эмоциональные состояния, такие как радость, грусть, злость, страх, удивление и пр. Изучение выражений лица позволяет лучше понимать эти эмоции и их влияние на нашу жизнь.

Контроль внимания и эмоций так же может быть полезен и в образовательной сфере. Например, педагоги могут использовать технологии компьютерного зрения для анализа выражений лиц учеников и определения их эмоционального состояния во время уроков. Это позволит учителям адаптировать методы обучения и общения с учениками, основываясь на их эмоциональном состоянии, что в конечном итоге может повысить эффективность обучения.

Также, использование технологий контроля внимания и распознавания эмоций на лице может помочь учителям определить степень внимания и заинтересованности учеников во время уроков. Это может помочь педагогам улучшить свои методы преподавания и создать более интересные и привлекательные уроки для учеников.

Распознавание эмоций и контроль внимания могут помочь в диагностике трудностей у учащихся. Например, можно распознавать стресс, тревожность, депрессию и другие проблемы, которые могут отрицательно влиять на успеваемость и общее благополучие студентов.

Кроме того, это может быть использовано в образовательных технологиях, таких как онлайн-курсы и электронные учебники. Анализ эмоций учеников может помочь в создании более персонализированного и адаптивного обучения, которое будет лучше соответствовать потребностям каждого ученика.

В целом, использование технологий распознавания эмоций на лице в образовательной сфере может улучшить эффективность обучения и создать более комфортную и поддерживающую обучающую среду для учеников.

Целью работы было исследование методов биометрической аутентификации и связанных с ней задач на основе детектирования лиц и распознавания эмоций с использованием библиотек компьютерного зрения и методов машинного обучения. Реализация проекта осуществлялась с использованием

библиотек OpenCV, mediapipe, dlib, FER и deepface на языке программирования Python. В ходе работы над проектом был произведен сравнительный анализ существующих методов по детектированию лиц, таких как метод Виолы-Джонса [1], CNN [2] и HOG [3]. Контроль внимания осуществлялся путем решения проблемы перспективы и точки [4], с целью определения положения объекта, в нашем случае головы учащихся, относительно камеры. Анализ эмоций производился, используя существующие библиотеки компьютерного зрения, реализующие необходимый функционал (FER и deepface).

Первое что необходимо - это получить изображение проходящего занятия. Это можно сделать, используя камеру, установленную в аудитории. Далее, на полученном изображении, определить лица присутствующих. После получения лиц необходимо решить две задачи: определить поворот головы человека и эмоциональное выражение лица.

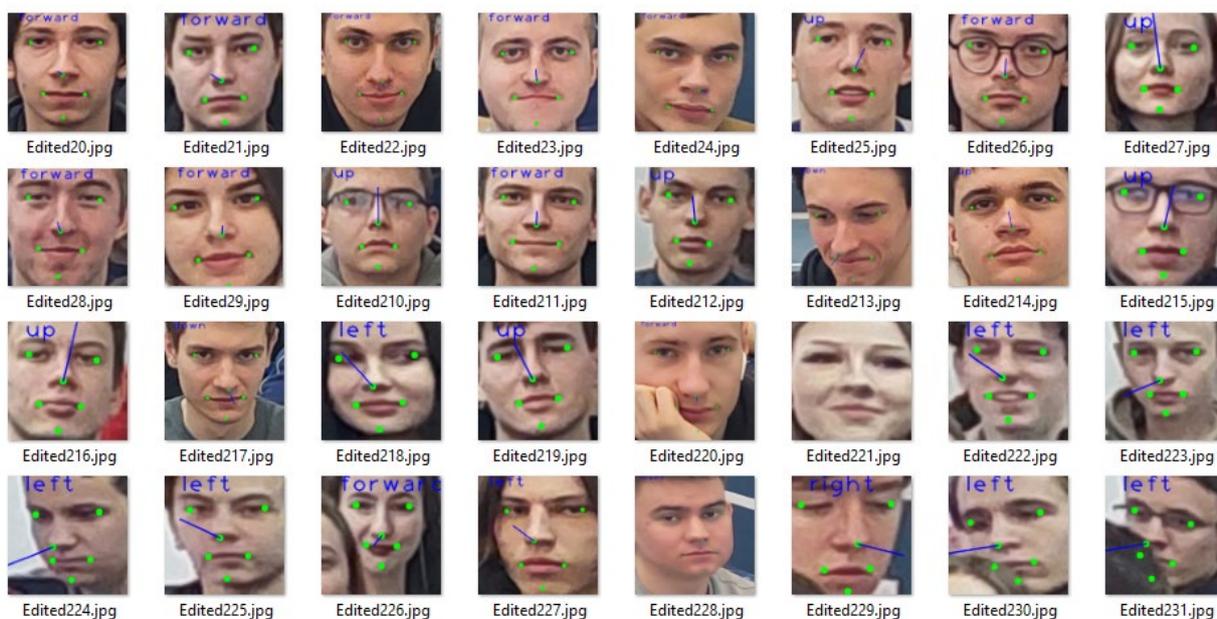
Обнаружение лиц - технология поиска человеческих лиц на фотографии или видеоизображениях с помощью алгоритмов компьютерного зрения. Система определяет границы и признаки лица и выделяет зону на изображении. Если на фотографии несколько лиц, то система выделит каждое лицо (см. рис.1). Обнаружение лиц является первым этапом в построении систем распознавания лиц. Среди самых распространенных находятся: использование каскадов Хаара методом Виолы-Джонса, гистограммы ориентированных графов и сверточные нейронные сети.



*Рис.1 – Результат детектирования лиц студентов в аудитории.*

Следующая задача заключается в определении поворота головы. Для того чтобы оценить позу объекта необходимо определить положение объекта относительно камеры. В компьютерном зрении данная проблема называется PNP или проблема перспективы и точки.

Для решения проблемы перспективы и точки необходимо оценить позу 3D-объекта. Чтобы это осуществить используются 6 точек – 3 для перемещения и 3 для поворота объекта. В этом случае используются 2D-координаты нескольких точек и соответствующие им 3D-координаты (см. рис.2).



*Рис.2 – Данные решения задачи определения позы объекта*

В общем случае, алгоритмы оценки позы объекта используют три системы координат. Это мировые координаты, координаты камеры и система координат изображения. С их помощью можно преобразовать точки в мировых координатах в точки в координатах камеры, зная точки вращения и перемещения.

Библиотека OpenCV предоставляет возможность решения проблемы перспективы и точки. Используя вектор 3D точек, вектор соответствующих 2D точек, входную матрицу камеры, и вектор коэффициентов искажения получаются два вектора – вектор вращения и вектор смещения.

Матрица 2D координат представляется в виде матрицы, где для каждой характерной точки задаются координаты по оси X и по оси Y. В матрице 3D координат для каждой точки первые два значения такие же как и в прошлой матрице, а третье значение показывает глубину точки.

После получения векторов вращения и векторов смещения необходимо получить конкретные координаты отклонения лица человека. В первую очередь из данных векторов строится матрица вращения из которой после находятся координаты смещения.

Последней задачей, которую необходимо было решить это определить эмоциональное выражение лица. Для этого использовалась библиотека DeepFace – библиотека с открытым исходным кодом для распознавания лиц и анализа некоторых атрибутов лица. Например, пол, эмоции, возраст и др. Эмоциями, которые она может распознавать являются злость, страх, нейтральность, грусть, отвращение, радость, и удивление (см. рис.3).

При дальнейшем усовершенствовании разработанной системы, будет возможно начать ее использование в учебном процессе для определения вовлеченности студентов во время занятия и решения актуальных проблем, которые были описаны выше.

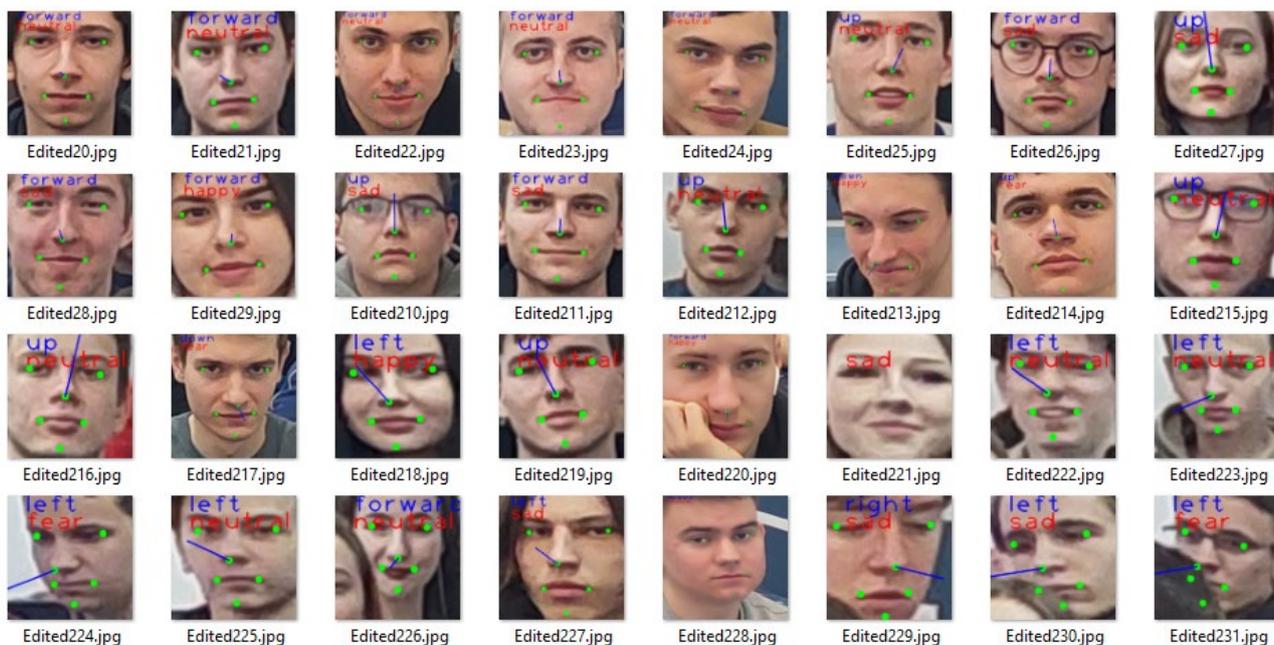


Рис. 3 – Данные решения задачи эмоционального выражения лица

### Список литературы:

1. Метод Виолы-Джонса (Viola-Jones) как основа для распознавания лиц [Электронный ресурс] / Хабр. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/133826/>. – Дата доступа: 16.11.2023

2. A Comprehensive Guide to Convolutional Neural Networks — the ELI5 way [Электронный ресурс] / Towards Data Science. – Режим доступа: <https://towardsdatascience.com/a-comprehensive-guide-to-convolutional-neural-networks-the-eli5-way-3bd2b1164a53>. – Дата доступа: 15.11.2023

3. Using Histogram of Oriented Gradients (HOG) for Object Detection [Электронный ресурс] / OpenGenus IQ: Computing Expertise & Legacy. – Режим доступа: <https://iq.opengenus.org/object-detection-with-histogram-of-oriented-gradients-hog/>. – Дата доступа: 14.11.2023

4. Perspective-n-Point (PnP) pose computation [Электронный ресурс] / Open Source Computer Vision. – Режим доступа: [https://docs.opencv.org/4.x/d5/d1f/calib3d\\_solvePnP.html](https://docs.opencv.org/4.x/d5/d1f/calib3d_solvePnP.html). – Дата доступа: 16.11.2023

## ПРИМЕНЕНИЕ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ: ТЕХНОЛОГИИ И ТЕНДЕНЦИИ

*Е. С. Сигаева*

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, г. Гродно*

*Научный руководитель: Ю. М. Вувуникян, профессор кафедры  
фундаментальной и прикладной математики, доктор  
физико-математических наук*

Интеллектуальные технологии обработки данных включают в себя различные методы и подходы для анализа, интерпретации и использования данных с применением искусственного интеллекта и машинного обучения. Эти технологии имеют широкий спектр применений и влияют на многие области, включая бизнес, науку, здравоохранение, финансы, транспорт и многое другое.

Одним из ключевых аспектов интеллектуальных технологий обработки данных является глубокое обучение — это раздел машинного обучения, использующий нейронные сети с несколькими уровнями (глубокие нейронные сети) для извлечения сложных признаков из данных. Глубокое обучение успешно применяется в обработке изображений, распознавании речи, обработке естественного языка и других областях.

Глубокое обучение прошло долгий путь с момента своего появления в 1980-х годах. Первоначально использовавшееся в основном в академических исследованиях, с тех пор оно стало основной технологией, широко используемой в различных отраслях. За прошедшие годы глубокое обучение претерпело значительную эволюцию, и исследователи постоянно совершенствуют и улучшают его возможности.

Несколько ключевых прорывов и инноваций сыграли значительную роль в формировании нынешнего состояния глубокого обучения, некоторые из них включают в себя:

- внедрение сверточных нейронных сетей (CNN) для распознавания изображений
- разработка рекуррентных нейронных сетей (RNN) для обработки естественного языка.
- внедрение генеративно-сопоставительных сетей (GAN) для генерации изображений и видео.
- развитие трансферного обучения, которое позволяет моделям использовать знания из одной задачи для повышения производительности при выполнении другой задачи.
- появление распределенных и параллельных вычислений, которые позволили обучать модели глубокого обучения на больших наборах данных.

Рассмотрим детальнее внедрение сверточных нейронных сетей для распознавания изображений. Сверточная нейронная сеть или CNN — это тип искусственной нейронной сети, используемой для распознавания и обработки изображений, которая основана на биологических процессах в зрительной коре головного

мозга. Характерной особенностью сверточных нейросетей является использование представления данных в виде набора изображений (карт) и применение локальных операций-сверток, модифицирующих и комбинирующих данные карты друг с другом.

Структура свёрточных нейронных сетей похожа на воронку: всё начинается с общей картины, а потом фокус смещается на детали. Мозг устроен так же: сначала человек видит на улице кошку, а затем начинает разглядывать цвет её шерсти или глаз. Это называется обучением представлением.

Свёрточные нейронные сети состоят из нескольких слоёв. Чем больше слоёв, тем мощнее архитектура и лучше обучение нейросети. Основные элементы свёрточной нейронной сети:

- свёрточный слой;
- пулинг;
- нормализация по батчу;
- полносвязный слой.

Чтобы нейросеть «узнала» кошку, нужно проделать с изображением несколько типовых операций на каждом слое. Ключевая из этих операций — свёртка. Во время свёртки нейросеть удаляет лишнее и оставляет полезное — то, что поможет проанализировать изображение. Например, линии, края или ровные области. Свёртку можно создавать для каждого признака. Нейросеть будет сама подбирать их во время распознавания и классификации на каждом свёрточном слое.

Чтобы построить CNN, вы определяете архитектуру, выбирая гиперпараметры, такие как количество фильтров, размер фильтра, шаг и размер пула. Затем вы обучаете сеть на большом наборе данных и используете обратное распространение ошибки для обновления весов и смещений. Имея достаточно данных и вычислительной мощности, CNN могут достичь сверхчеловеческой производительности во многих визуальных задачах. CNN произвели революцию в компьютерном зрении и используются такими компаниями, как Google, Meta и другими, для распознавания изображений в приложениях и сервисах.

Сверточные нейронные сети имеют многообещающее применение в области медицинского образования и анализа изображений. Их способность извлекать сложные признаки из изображений сделала их незаменимыми в задачах диагностики, классификации и сегментации медицинских изображений.

Области, где CNN активно применяются в медицине:

- Рентгеновские снимки и компьютерная томография: CNN используются для автоматического обнаружения и классификации различных патологий на рентгеновских снимках и СТ-изображениях, таких как опухоли, инфекции, аномалии и т.д.
- МРТ (магнитно-резонансная томография): CNN применяются для сегментации органов и тканей на изображениях МРТ, что полезно для точного определения размеров и форм органов, а также выявления патологий.
- Офтальмология: в задачах офтальмологии CNN применяются для диагностики глазных заболеваний, автоматического определения глазных патологий на снимках сетчатки и определения степени ретинопатии.

- Патологии мозга: CNN используются для автоматической сегментации и диагностики патологий мозга на изображениях, полученных с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) и компьютерной томографии (СТ).

- Медицинская радиология: CNN применяются для распознавания и классификации различных признаков на рентгеновских снимках, таких как пневмония, опухоли и т.д.

- Гистопатология: CNN используются для автоматической классификации и анализа тканевых образцов, что может быть полезным при диагностике рака.

- Генетическое исследование: CNN применяются для анализа изображений хромосом и клеток в генетическом исследовании.

Использование нейронных сетей при анализе изображений компьютерных томографов и рентгеновских снимков является в настоящее время актуальной темой исследований. Исследователями из Иранского Медицинского университета имени Шахида Бехешти была предложена модель на основе сверточной нейронной сети в качестве метода быстрого обследования, который можно использовать для выявления случаев COVID-19 путем анализа компьютерной томографии. В качестве набора данных применялись более 15 тыс. изображений компьютерной томографии 95 больных пациентов и более 48 тыс. изображений 282 здоровых пациентов. Ученым было исследовано влияние корректировок параметров изображений на производительность предложенной модели. Следует отметить, что даже при случайном выборе обучающих и тестовых изображений общая точность достигалась порядка 95 % (без проведения предварительной обработки изображений).

Глубокое обучение оказало большое влияние на различные отрасли и приложения. Наиболее заметные последствия наблюдаются в следующих областях:

- Здравоохранение: глубокое обучение позволило разработать передовые инструменты медицинской визуализации, которые могут обнаруживать заболевания на ранней стадии и улучшать результаты лечения пациентов.

- Финансы: глубокое обучение используется для разработки сложных алгоритмов обнаружения мошенничества, оценки рисков и управления портфелем.

- Транспорт: глубокое обучение позволило разработать автономные транспортные средства, которые могут произвести революцию в транспорте и снизить количество аварий.

- Производство. глубокое обучение используется для оптимизации производственных процессов, улучшения контроля качества и сокращения отходов.

- Развлечения. глубокое обучение позволило разработать усовершенствованные инструменты редактирования видео и изображений, которые могут автоматизировать утомительные задачи и повысить творческий потенциал.

В целом глубокое обучение оказалось мощной технологией, способной преобразовать многие сферы жизни людей. Ожидается, что его дальнейшее развитие и инновации приведут к еще более значительным достижениям в будущем.

### Список литературы:

1. Как свёрточные нейросети имитируют работу мозга [Электронный ресурс] – 2023. – Режим доступа: <https://practicum.yandex.ru/blog/svertochnye-neyronnye-seti/> . — Дата доступа: 15.11.2023.
2. Алгоритм глубокого обучения для выявления заболевания коронавирусом (COVID-19) с помощью компьютерной томографии [Электронный ресурс] – 2021. – Режим доступа: <https://peerj.com/articles/cs-345/> . — Дата доступа: 15.11.2023.
3. Свёрточные нейронные сети [Электронный ресурс] – 2023. – Режим доступа: <https://medium.com/@prathammodi001/convolutional-neural-networks-for-dummies-a-step-by-step-cnn-tutorial-e68f464d608f> . — Дата доступа: 15.11.2023.

УДК 004.8

### ПРИЛОЖЕНИЕ «ПОМОЩНИК ПО НАПИСАНИЮ ТЕКСТОВ»

*Д. С. Удом*

*«Гродненский государственный университет имени Янки Купалы», г. Гродно  
Научный руководитель: И. Б. Просвирнина, кандидат  
физико-математических наук, доцент*

Цель работы: разработать и реализовать помощник по написанию текстов; создать свою модель и обучить её написанию текста.

Интеллектуальные технологии обработки данных – это компьютеризированные технологии, используемые для обработки и анализа больших объемов данных. Они включают в себя инструменты и методы, основанные на статистическом анализе, машинном обучении и математике. Интеллектуальный анализ данных позволяет извлекать ценные знания из больших объемов данных, например, для принятия стратегических решений в бизнесе. Системы интеллектуальной обработки данных могут использоваться в различных областях, таких как аудит, авиация, банковское дело и другие. Они могут включать в себя технологии обработки естественного языка (NLP), которые позволяют извлекать информацию из объемных неструктурированных текстов.

Генерация текста с использованием искусственного интеллекта (ИИ) представляет собой процесс создания текстового контента с помощью алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей. Эти технологии позволяют быстро и эффективно генерировать уникальный контент для различных целей, таких как написание статей, создание маркетинговых материалов и научных публикаций. Инструменты генерации текста на основе ИИ предлагают следующие преимущества:

1) Сокращение времени на создание контента и повышение эффективности работы.

2) Возможность создания уникальных текстов, трудно отличимых от текстов, созданных человеком.

3) Генерация большого объема уникального контента для использования в различных целях.

4) Поддержка нескольких языков и создание аудио контента с естественным голосом.

Использование инструментов генерации текста на основе ИИ может быть полезным для тех, кто ищет быстрый и эффективный способ получить качественный контент без необходимости владения специальными навыками программирования.

Такие технологии могут быть полезны в различных областях, включая маркетинг, образование, научные исследования и другие. Однако, при использовании сгенерированного контента важно учитывать его качество и соответствие целям и задачам организации или проекта.

Рассмотрим, как разработать и реализовать помощник по написанию текстов. Создадим свою модель и обучим её для написания текста. Данный алгоритм и модель обучения реализовывается с помощью языка программирования Python 3 в среде разработки Google Colab.

- Необходимо импортировать нужные библиотеки и подготовить данные для нейронной сети.

- Необходимые библиотеки: Counter, torch, numpy.

Токенизируем текст, превращаем его в индексы. Достаем все уникальные символы: буквы, пробелы, знаки препинания в тексте и каждому символу присваиваем число.

Создаем прямой и обратный словари (индексы в символы). Проходим по всему тексту и превращаем с помощью составленного словаря каждый символ в индекс. Генерируем из последовательности сгенерированных индексов батчи для обучения нейронной сети. Достаем несколько случайных строк из текста фиксированной длины. Генерируем сразу обучающую выборку и цель (таргет) для нее.

Реализуем функцию, которая генерирует (предсказывает) текст с помощью обученной нейронной сети.

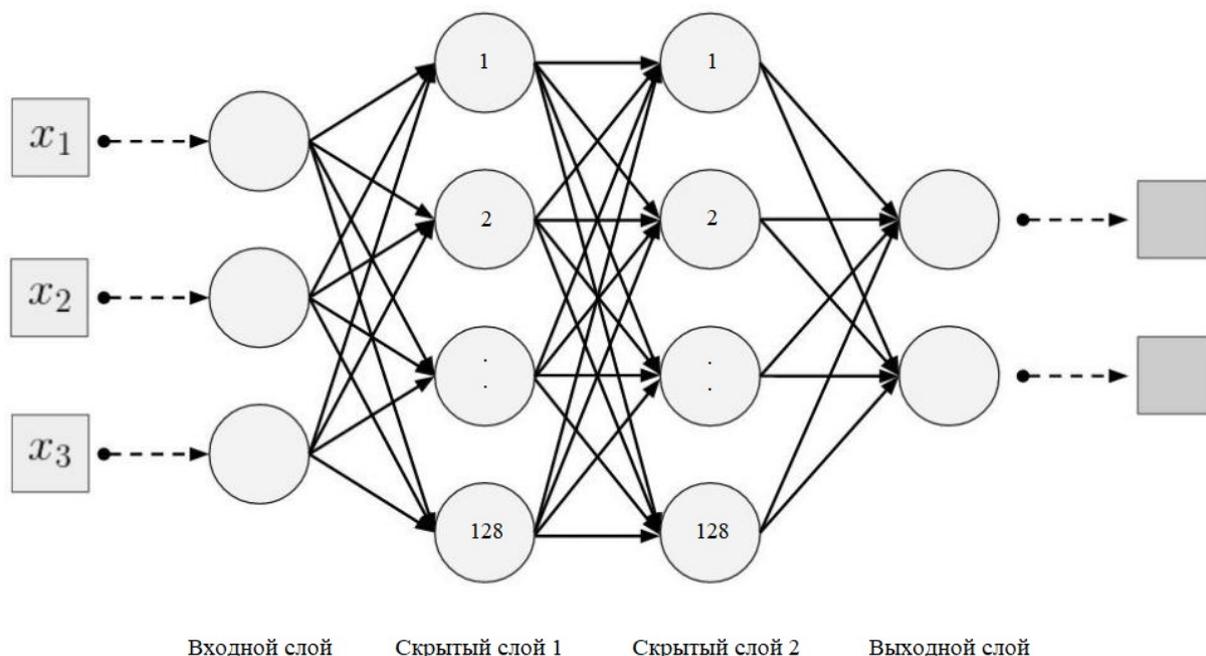
Создаем класс нейронной сети. Превращаем каждый символ на входе сети в вектор. «Скармливаем» эти векторы LSTM слою. Выходы из LSTM слоя пропускаем через Dropout.

Отправляем выход из Dropout на линейный слой размерности словаря, чтобы на выходе получить столько чисел, сколько символов в словаре.

Создаем нейросеть и обучаем ее. Модель нейронной сети, выглядит так:

```
model = TextRNN(input_size=len(idx_to_char), hidden_size=128, embedding_size = 128, n_layers=2).
```

Эта строка создает экземпляр класса TextRNN в библиотеке torch. Этот класс предназначен для обработки текста с использованием рекуррентных нейронных сетей (RNN), где параметры: `input_size` (размер входного алфавита); `hidden_size` (размер скрытого состояния рекуррентной нейронной сети); `embedding_size` (размерность вложения слов); `n_layers` (количество слоев в RNN).



*Рисунок 1 - Слои нейронной сети*

Выбираем функцию потерь, оптимизатор и настраиваем расписание, по которому меняем шаг оптимизатора. В нашем случае снижаем шаг в 2 раза, если ошибка не падает 5 шагов подряд. Подаем в нейронную сеть разные части текста и обучаем ее делать все меньше и меньше ошибок, когда она предсказывает следующую букву по предыдущему тексту.

Таким образом, был разработан программный продукт представляющий собой мощный инструмент, основанный на искусственном интеллекте, который способен автоматически создавать текстовое содержимое. Он обладает рядом преимуществ, включая повышение производительности, возможность персонализации контента и создание большого объема текстов.

Программа генерации текста может быть использована в различных областях, таких как маркетинг, реклама, журналистика, литература и другие. Она сокращает время и усилия, затрачиваемые на написание текстов, и позволяет сосредоточиться на более творческих и стратегических задачах.

Однако, стоит учитывать ограничения программы генерации текста. Возможны неточности и ошибки в сгенерированном контенте, поэтому необходимо проводить проверку и редактирование текста для обеспечения его качества и точности. Также важно учитывать этические аспекты использования сгенерированного контента, чтобы избежать манипуляций информацией или создания фейковых материалов.

В целом, программа генерации текста предоставляет возможности для более эффективного и быстрого создания текстового контента. Она является полезным инструментом, но требует сочетания с экспертизой и контролем, чтобы достичь наилучших результатов.

### Список литературы

1. Федоров, Д. Ю. Программирование на языке высокого уровня Python: учебное пособие для прикладного бакалавриата / Д. Ю. Федоров. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Издательство Юрайт, 2019. – 161 с. – (Бакалавр. Прикладной курс).
2. Бринк Х. Машинное обучение Наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных / Х. Бринк, Д. Ричардс, М. Феверолф. — Санкт-Петербург: «Питер», 2017. — 330 с.
3. Вьюгин В.В. Математические основы машинного обучения и прогнозирования / В.В. Вьюгин. — Москва: «Московский центр непрерывного математического образования», 2014. — 305 с.

# **СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ РОБОТОТЕХНИКИ**

## ПРОГРАММИРОВАНИЕ РОБОТОВ

*Р. С. Катмышков, Н. В. Мисько*

*Гродненский Государственный Университет им. Я. Купалы. г. Гродно  
Научный руководитель Е. А. Сетько, кандидат физ.-мат наук, доцент*

Робототехника играет важную роль в современном мире и широко применяется в промышленности, медицине, ВПК, агропромышленном комплексе. В настоящее время основными проблемами робототехники являются:

- этика и законодательство,
- работа и замещение рабочей силы.

Развитие робототехники поднимает вопросы о правовых и этических аспектах использования роботов. Как определить ответственность за действия автономных роботов, особенно если они причиняют вред людям или имуществу? Какие ограничения следует установить на создание и использование роботов в военных или медицинских целях?

Установление чёткой ответственности за действия автономных роботов является сложным вопросом. Анализ случаев использования роботов в различных областях выявляет, что ответственность часто размывается между производителями, программистами и конечными пользователями [1]. Существуют три закона робототехники, сформулированных в научной фантастике [2]:

1. Робот не может причинить вред человеку или своим бездействием допустить чтобы человеку был причинен вред.

2. Робот должен повиноваться всем приказам, которые даёт человек, кроме тех случаев, когда эти приказы противоречат первому закону.

3. Робот должен заботиться о своей безопасности в той мере, в которой это не противоречит первому или второму законам

В настоящее время активно производится замена человеческой рабочей силы роботами: в американских школах уже есть роботы-охранники, создан человекоподобный робот-лётчик, роботы начали дирижировать оркестрами.

Чтобы роботы органично вписались в нашу жизнь необходимо создание современного и качественного программного обеспечения. Существуют различные системы программирования роботов и один из самых используемых и гибких - открытый фреймворк для написания программного обеспечения, работающий как мета-операционная система на базе ОС Linux [3]. Это Robot Operating System (ROS). ROS представляет собой набор из различных широко (и не очень) известных библиотек, таких как:

OpenCV — библиотека, содержащая алгоритмы компьютерного зрения и обработки изображений;

PCL- библиотека для работы с облаками 3D-точек;

Ogre — объектно-ориентированный графический движок с открытым исходным кодом;

Orocos — библиотека для управления роботами (например, расчёт кинематики).

Также в ROS входят драйвера для различных манипуляторов и сенсоров (включая MS Kinect). Но что же отличает ROS от простой сборки библиотек? Основополагающим преимуществом является клиент-серверная архитектура ROS — разработчики реализовали механизм пересылки сообщений между различными объектами, возможность построения распределенных систем, предоставление brige'ей к языкам C++ и Python.

В разных областях робототехники используют ROS в качестве платформы разработки по определенным причинам. Исследования в области искусственного интеллекта и машинного обучения имеют свои преимущества при его использовании, так как ROS предоставляет среду для обучения роботов в виртуальных средах или на реальных устройствах. Однако существуют и ограничения: необходимость в интеграции машинного обучения может создавать сложности при разработке и отладке, особенно при работе с реальными роботами, где требуется учет физических ограничений и динамики.

Использование ROS позволяет управлять множеством промышленных роботов, интегрируя различные датчики и устройства, оптимизируя процессы производства и автоматизируя задачи. Однако и тут есть свои ограничения, ведь в промышленности также важны вопросы безопасности и отказоустойчивости. Некоторые промышленные системы имеют собственные протоколы и стандарты, что может создавать сложности при интеграции с ROS.

ROS остаётся крайне популярным инструментом в разных областях со своей гибкостью и функциональностью, но для успешного применения в каждой сфере необходимо учитывать специфические требования и особенности этой области.

У ROS есть альтернативы в разработке программного обеспечения. Такие как Robotnik Framework , Microsoft Robotics Developer Studio (MRDS) , YARP (Yet Another Robot Platform) , Gazebo и т. д. В зависимости от конкретных потребностей проекта, другие платформы могут быть более подходящими, учитывая их особенности и ограничения. Но ROS, безусловно, имеет преимущества в виде широкой экосистемы пакетов, большого сообщества разработчиков, гибкости и масштабируемости.

На сегодняшний день, ROS является востребованной и широко используемой платформой для разработки программного обеспечения в робототехнике. Современные роботы оснащённые эффективным программным обеспечением становятся реальностью нашей жизни и решают многие вопросы:

- **Эффективность и производительность.** Роботы и автоматизированные системы часто способны выполнять определённые задачи более быстро и точно, чем человек. Это может повысить общую эффективность производства и снизить затраты.

- **Экономия затрат.** Инвестиции в роботизацию могут снизить операционные расходы компаний в долгосрочной перспективе. В частности, в некоторых отраслях, где трудозатраты высоки, использование роботов может быть экономически оправданным.

● Точность и надёжность. Роботы могут быть запрограммированы для выполнения задач с высокой точностью и надёжностью, что особенно важно в сферах, где допуски ошибок минимальны, например, в производстве или медицинской диагностике.

● Автоматизация рутинных задач. Рутинные и монотонные задачи могут быть легко автоматизированы, что позволяет человеку сосредотачиваться на более творческих и сложных аспектах работы

● Технологический прогресс. Развитие технологий, таких как искусственный интеллект, машинное обучение и робототехника, делает возможным автоматизацию более широкого спектра задач.

Не смотря на имеющиеся проблемы, использование робототехники - это шаг в будущее и данное направление будет постоянно развиваться.

### Список литературы

. Проблемы современной робототехники: какие есть и как решают? [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://robot-ex.ru/ru/article/problemi-sovremennoy-robototekhniki-kakie-est-i-kak-reshayut-66842> . — Дата доступа:

2. Азимов А.Хоровод.[Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://asimomvonline.ru/short-stories/khorovod/read/?page=3> — Дата доступа:

3. Основы работы с Robotic Operating System. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/128024/> - Дата доступа: 18.11.2023.

УДК621.3

## РОБОТИЗИРОВАННАЯ ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ СТАНЦИЯ МЕХАТРОНИКИ

*Ю. Н. Матрунчик, И. С. Марченко, К. А. Беликова, И. И. Войтеховский*  
*Белорусский национальный технический университет,*  
*УО «Национальный детский технопарк»*

Мехатроника является исключительно динамично продвигающимся направлением современной науки, техники и технологии, которое определяет облик современной техносферы. Основная задача мехатроники состоит в создании интеллектуальных машин и движущихся систем, обладающих качественно новым функционалом.

Целью данной работы является проблема роботизации производственного процесса транспортирования, базирования, ориентации и сортировки деталей.

Задачи работы – провести анализ существующих аналогов мехатронных станций сортировки и транспортировки деталей; разработать пневматическую

и электрическую принципиальные схемы станции; выбрать датчики и исполнительные механизмы в мехатронную станцию; разработать общий алгоритм работы станции.

Актуальность разработки роботизированной мехатронной пневматической станции не вызывает сомнений, поскольку в XXI веке мы наблюдаем за использованием мехатроники и робототехники во всех отраслях производства, сельского хозяйства, строительства, бытовой сфере, авиации и т. д.

Роботизированная пневматическая станция мехатроники (РПСМ) предназначена для управления потоками перемещения и позиционирования деталей. Она состоит из трех станций: распределительной, тестирующей и сортирующей.

РПСМ может передать заготовку к следующей станции только в тот момент, когда последующая станция готова ее принять. В системе управления сигнал, разрешающий дальнейшую передачу заготовки, выдают оптические датчики, данный способ позволяет легко модифицировать задачи роботизированной пневматической станции мехатроники.

Одновременно несколько станций могут быть объединены в сеть с помощью использования цифровых входов/выходов, которые установлены на коммуникационных панелях управления.

Из магазинного модуля распределительной станции по очереди выпадают заготовки (детали одинаковой формы и размера). Далее модуль переноса захватывает очередную заготовку с помощью пневматического захвата и переносит на конвейер станции сортировки. Оптические и индуктивные датчики различают детали по материалу и цвету и с помощью пневматических приводов сортируют их по разным накопителям.

Заготовки представляют собой втулки из пластика или металла. В процессе изготовления детали заготовка последовательно проходит через все три станции. Распределительная станция служит для складирования и подачи поступающих заготовок от внешнего производственного модуля, тестирующая станция - для контроля и отбраковки заготовок, а сортировочная станция - для отбора и сортировки заготовок по цвету и виду материала. Обработанная деталь может быть передана на склад готовых деталей.

РПСМ обеспечивает в процессе работы управление процессами с заданным алгоритмом функционирования и с бесперебойным (последовательным) циклом функционирования.

На современном этапе развития автоматизации и роботизации производств сложные задачи решаются, преимущественно, с использованием программируемых логических контроллеров (ПЛК).

В разработанной РПСМ управляющая программа реализуется за счёт соответствующего программного обеспечения, а не соединения отдельных реле.

Логическая блок-схема алгоритма работы РПСМ приведена на рисунке 1.

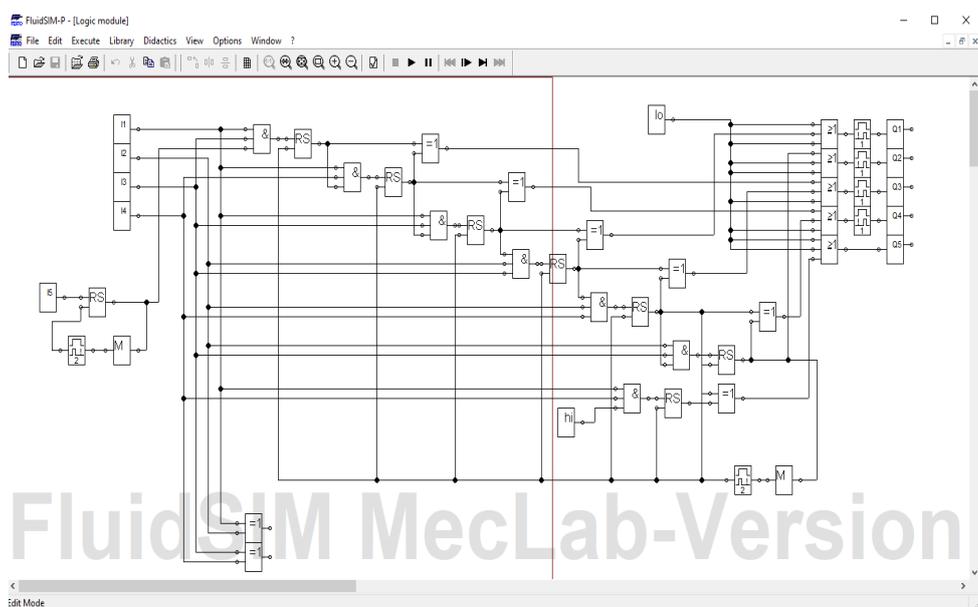


Рисунок 1 – Логическая блок-схема программы алгоритма работы РПСМ

Преимущества ПЛК перед контактными или аппаратными контроллерами: всего несколько логических блоков в программном обеспечении вместо многочисленных реле, меньше проводов, смена программ происходит быстрее и эффективнее, легче найти повреждения, гораздо более экономически выгодны.

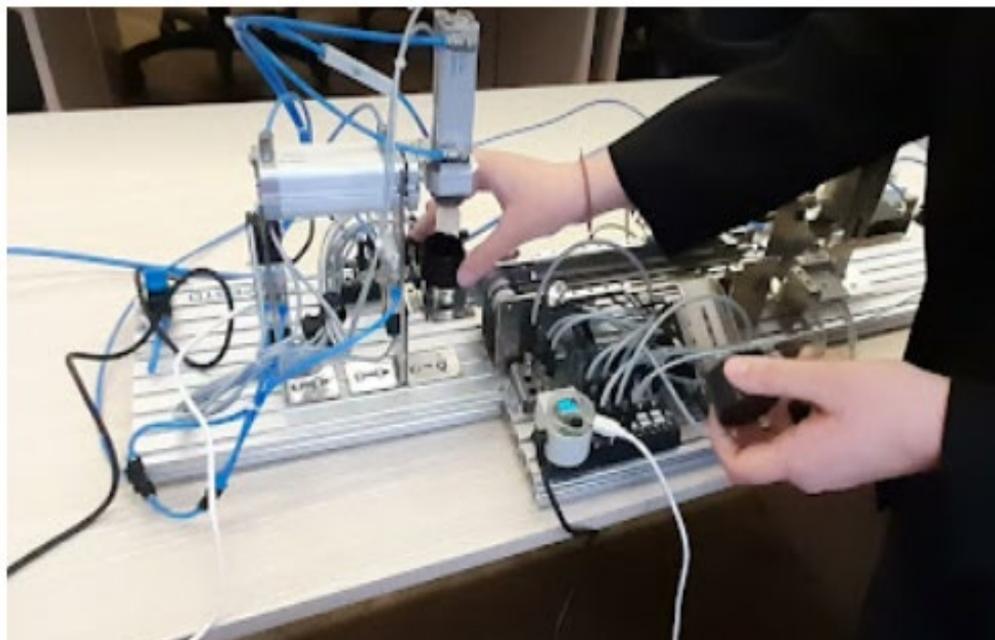
В разрабатываемой РПСМ в качестве устройства управления был выбран ПЛК Siemens S7-1500. ПЛК этой серии позволяют автоматизировать целые линии, цеха, производства целиком. Программирование данного контроллера осуществляется с помощью программного обеспечения TIA Portal.

Для корректной работы РПСМ потребовались дополнительные заготовки, отличающиеся по цветам. Была создана 3D-модель заготовки, и наиболее оптимальными цветами для сортировочной станции предполагались белый и светло-зеленый. 3D печать выполнялась пластиком PLA, который является экологически чистым. Предположение оказалось неверным, так как после тестирования оказалось, что белые и зеленые заготовки индукционным датчиком отправляются на сортировочной станции к красному цвету, что совершенно не соответствовало заданному алгоритму и функциональному предназначению РПСМ.

В результате была проведена исследовательская работа, которая показала, по какому именно признаку индукционный датчик распределяет заготовки.

После первых же проверок стало понятно, что к красным заготовкам датчик отправляет чаще всего объекты теплых оттенков, таким образом стало понятно, почему белый и светло-зеленый дальше не проходят. Далее было принято решение попробовать изменить цвет заготовки, не печатая новую. На пластиковую деталь добавили покрытие темно-зеленого цвета. Но, тем не менее, система работала не надёжно. В следствие чего появилось предположение о том, что чем больше датчик получает обратных лучей, тем больше вероятность, что объект распределят в отсек с красными заготовками. Из этого следовало, что один из вариантов решения этой проблемы использование матовой поверхности. Данное решение повлияло на улучшение качества сортировки заготовок, но не на 100%.

На последнем этапе апробации РПСМ было принято решение сортировать заготовки черного цвета и металлизированные (рисунок 2).



*Рисунок 2 – Этап апробации РПСМ с различными заготовками*

### **Список литературы**

1. Нагорный, В. С. Гидравлические и пневматические системы : учеб. пособие для СПО / В. С. Нагорный. – 2-е изд., стер. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 444 с.

2. Околов, А. Р. Программное обеспечение промышленных роботов: учеб.-метод. пособие для студ. учр. высш. образования по специальностям 1-53 01 01 "Автоматизация технологических процессов и производств", 1-54 01 06 "Промышленные роботы и робототехнические комплексы" / А. Р. Околов, Ю. Н. Матрунчик ; Министерство образования Республики Беларусь, Белорусский национальный технический университет, Кафедра "Робототехнические системы". – Минск : БНТУ, 2021. – 65, [1] с. : ил., табл. – Режим доступа: <https://rep.bntu.by/handle/data/91428>.

3. Рачков, М. Ю. Пневматические системы автоматики : учеб. пособие для вузов / М. Ю. Рачков. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательство Юрайт, 2023. – 264 с.

## **РОЕВАЯ РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА «КОЛЛЕКТИВ»: ПРИНЦИП ПСЕВДО-РОЕВОЙ КОММУНИКАЦИИ**

*Д. Д. Руселевич*

*БНТУ, Минск*

*Научный руководитель: Прохорович С. С.,  
Старший преподаватель кафедры РТС БНТУ*

Коммуникация между всеми элементами системы осуществляется благодаря принципу роевой передачи данных.

Принцип заключается в том, что имеются несколько микроконтроллеров (МК) низкого уровня, которые собирают информацию с датчиков, и один главный контроллер (персональный компьютер (ПК), одноплаточный компьютер, сервер), который эту информацию обрабатывает.

К примеру, имеется некая площадка с различными препятствиями-стенками, робот КПУ-1 «ФЕОФАН» и ГП-2 «Василиск» с ультразвуковым или инфракрасным датчиком расстояния, а так же главный котроллер, которым в данном случае является ПК.

Задача стоит следующая: имея одинаковые начальные координаты роботов погрузчиков отправить их в точки интереса, после чего отправить их обратно по самому оптимальному маршруту. Для этого на каждом роботе оборудована система машинного зрения в виде датчиков расстояния. Эти роботы запускаются в рабочую область, они собирают информацию о положениях преград, данные аккумулируются и отправляются на главный контроллер.

Далее полученные данные обрабатываются на главном контроллере, с применением фильтрации по погрешности измерений. После процесса обработки данных идет построение виртуальной карты местности с обозначением различных препятствий на ней.

Далее, имея виртуальную карту местности и зная начальную и конечную точку маршрута погрузчиков, используется алгоритм поиска кратчайшего пути от точки к точке. После обработки полученные отрезки пути преобразуются в команды управления движением роботов, после чего происходит процесс отправки этих команд на роботов-грузчиков.

Данный подход помогает оптимизировать ориентацию системы на различных подготовленных и не подготовленных для работы площадках, что способствует повышению эффективности такой системы, а так же ускорить её адаптацию к новым условиям.

## ПРИМЕНЕНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА В СФЕРЕ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ

*В. С. Томашов*

*Брестский государственный технический университет, г.Брест*

*Научный руководитель: В.В. Касьяник, старший преподаватель кафедры ИИТ*

На сегодняшний день аграрное производство всех без исключения стран столкнулось с рядом серьезных проблем, таких как:

- из—за роста населения планеты и усиления процессов урбанизации, растет потребность в продовольственных ресурсах, что, в свою очередь, требует повышения урожайности сельхозкультур;

- возрастает спрос на невозобновляемые энергоресурсы и пресную воду. Проблема в их недостатке до сих пор не решена;

- вследствие глобального потепления климата усиливаются эрозийные процессы и процессы опустынивания, что ведет к сокращению площадей, пригодных для выращивания сельскохозяйственных культур. В частности, сокращение площади пахотных земель в Беларуси, согласно прогнозным оценкам, к 2030 году составит от 0,1 до 0,4 % [4].

Производственный потенциал сельскохозяйственной отрасли, в особенности земледелия, определяют количественные и качественные характеристики земель. Качество сельскохозяйственных угодий определяется плодородием их почвенного покрова. Именно от указанной характеристики во многом зависит как экономическая эффективность их использования, так и эффективность земледелия в целом [3].

С появлением и развитием новых технологий все вышеперечисленные проблемы в сфере аграрного производства можно решить или снизить их влияние с помощью так называемого точного земледелия.

Целью данной статьи является: 1) оценка эффективности внедрения точного земледелия в аграрное производство Республики Беларусь; 2) оценка результатов уже применяемого оборудования в сфере точного земледелия на одной из станций химизации Республики Беларусь.

Точное земледелие представляет собой систему сельскохозяйственного менеджмента, основанную на использовании информационных технологий, геоинформационных систем, дистанционного зондирования и глобальных навигационных спутников. Эта методика позволяет принимать обоснованные решения по оптимизации процессов возделывания и ухода за почвой, управлению ресурсами и повышению урожайности. Важным элементом точного земледелия является также использование автоматизированных сельскохозяйственных машин и оборудования, способных выполнять задачи с высокой степенью точности и эффективности.

Точное земледелие строится на анализе данных, получаемых из различных источников, таких как химический анализ почвы, составление карт урожайности культур, аэрофотосъемка, спутниковая съемка, дистанционный мониторинг

почвы и растений при помощи оборудования на сельскохозяйственных машинах, данных об урожайности за предыдущие годы (не менее 5 лет).

Беларусь имеет достаточно высокий потенциал для внедрения системы точного земледелия либо отдельных ее элементов в аграрное производство. Среди основных преимуществ – наличие 1389 сельскохозяйственных предприятий со средним размером землепользований свыше 6,0 тыс. га по площади сельскохозяйственных угодий и 4,1 тыс. га – по площади пахотных земель. По данным реестра земельных ресурсов по состоянию на 1 января 2020 г. общая площадь земель Беларуси составляет 20760,0 тыс. га, в том числе 8390,6 тыс. га сельскохозяйственных земель (40,4 % территории), из которых 5713,1 тыс. га или 27,5% территории – пахотные [2].

Однако наряду с преимуществами существуют как объективные, так и субъективные причины, препятствующие широкой имплементации систем точного земледелия в аграрное производство страны (рис. 1).

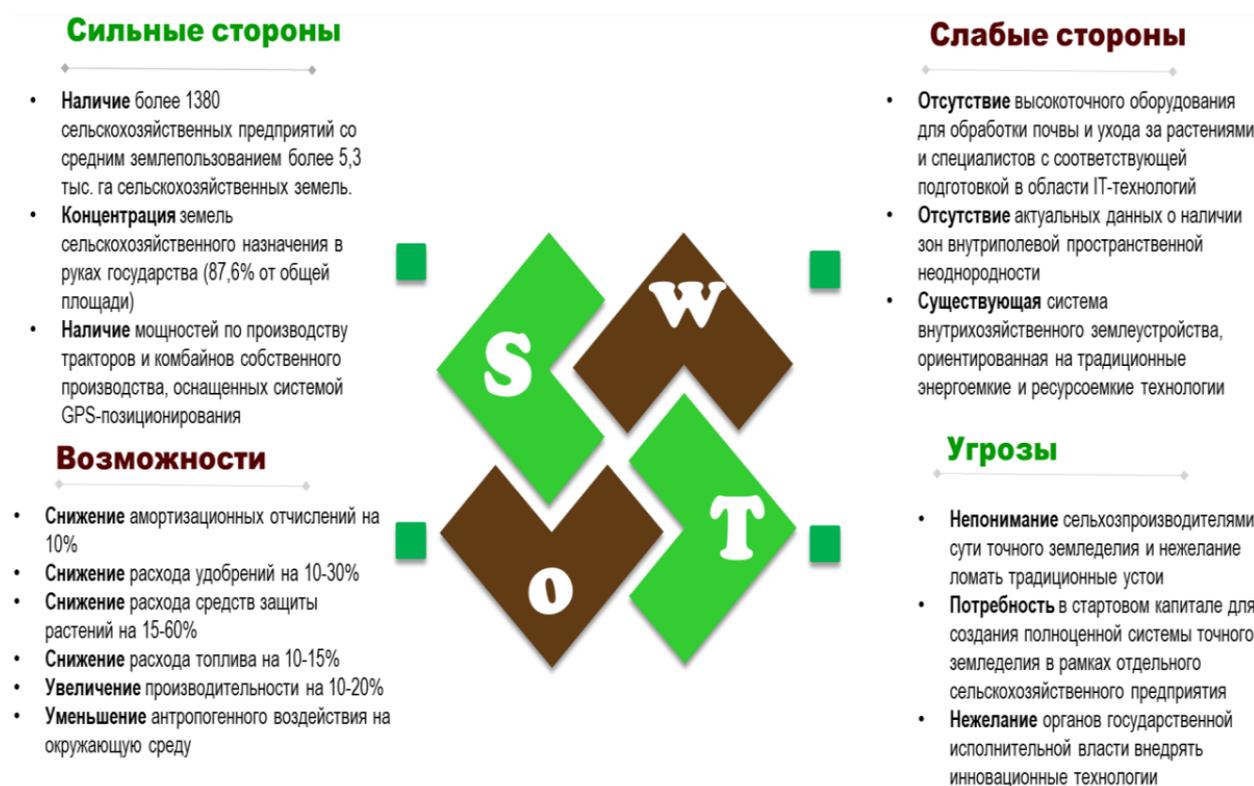


Рис. 1 – Результаты SWOT-анализа внедрения точного земледелия в сельском хозяйстве Республики Беларусь

## Оценка результатов уже применяемого оборудования в сфере точного земледелия

Одним из принципов точного земледелия является химический анализ почвы, отбор образцов по сетке. В частности, химический анализ почвы включает в себя определение кислотности почвы, которую необходимо определять для эффективного использования питательных элементов растениями из вносимых удобрений.

При использовании этого метода поле делится на клетки, в каждой из которых берутся почвенные образцы. Каждый образец анализируется отдельно на содержание гумуса, основных питательных элементов, кислотность, после чего создаются карты свойств почвы.

Главные недостатки данного метода – он является самым дорогостоящим, самым трудоемким, самым неточным и самым архаичным. Для получения реальной картины пестроты почвенного плодородия необходимо брать десятки тысяч образцов. Но чтобы сделать этот метод рентабельным, приходится значительно уменьшать количество клеток, увеличивая их площадь до 5–20 га. Земледелие в таких случаях перестает быть точным [1].

Точное земледелие предполагает использование геоинформационной системы (далее ГИС), которая позволяет хранить и анализировать, полученные с помощью данного метода, данные. Данная система позволит аграриям принимать обоснованные решения о необходимых корректировках в удобрении и обеспечит устойчивое использование почвенных ресурсов для продуктивного сельского хозяйства. ГИС дает возможность формировать карту кислотности почвы Республики Беларусь и предлагать по данной карте конкретные типы удобрений и их количество.

Химическим анализом кислотности почвы пользуются в основном станции химизации, в которых данный процесс производится в ручном режиме. В данном случае проблема заключается в наличии человеческого фактора, который влечет за собой ошибки при проведении анализа.

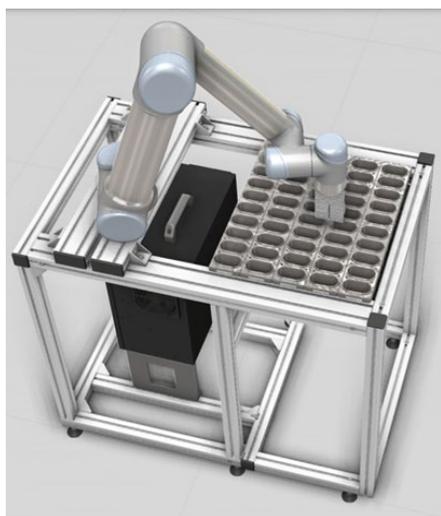
В следствии наличия человеческого фактора при проведении анализа нескольких десятков тысяч образцов почвы для получения реальной картины почвенного плодородия привели к необходимости создания автоматизированного рабочего места химика для станций химизации на базе робототехнического комплекса (далее РТК) по измерению кислотности почвы.

Прототип РТК и системы управления был изготовлен в лаборатории “Промышленная робототехника” УО БрГТУ и передан для выполнения тестирования на Брестскую областную станцию химизации в период с 1 августа 2023 до 1 октября 2023 года. В процессе тестирования РТК провел анализ около 20000 проб со сходимостью 0,01 рН. В результате было принято решение о внедрении РТК в производственную деятельность станции химизации.

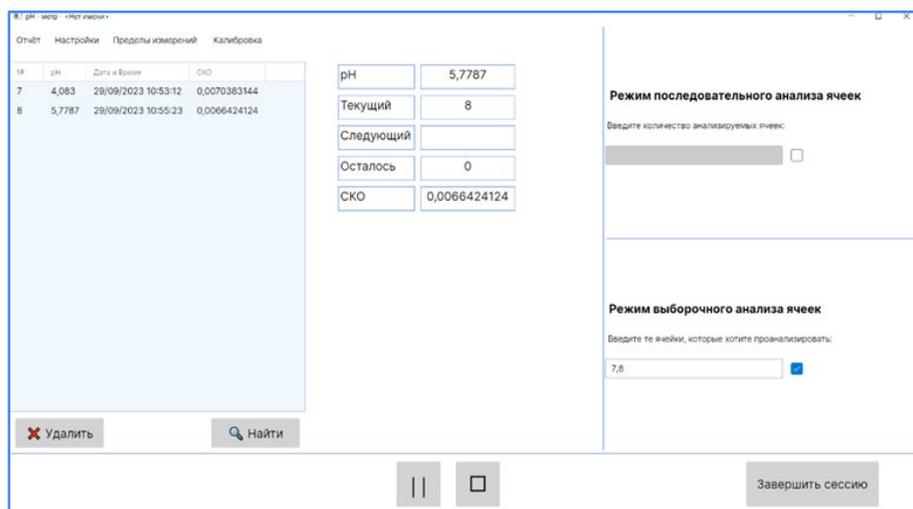
В состав РТК входит: коллаборативный робот UR10, измерительный прибор И-160М, оборудованный измерительными диодами, которые подключаются к прибору, электромотор с миксером, подставка для работа с секцией для установки исследуемых ячеек и измерительного прибора (см. рис. 2а).

Для управления данным РТК было разработано программное обеспечение (см. рис. 2б), которое позволяет управлять процессом анализа кислотности, вручную отдавать команды роботу, сохранять и обрабатывать данные, полученные при проведении измерений, а также формировать выводной отчет (в формате Excel), необходимый для составления точной карты полей.

В последующем предполагается отправлять данные для хранения в ГИС. Здесь, после некоторого анализа, будет строиться и обновляться карта кислотности почвы Республики Беларусь и разрабатываться оптимальные стратегии удобрения.



а)



б)

Рис 2 – а) Модель использования РТК на автоматизированном месте; б) программное обеспечение для управления РТК

Таким образом можно сделать вывод, что точное земледелие является основной и очень важной сферой для развития аграрного производства. Примером применения методов точного земледелия в Республике Беларусь является РТК, установленный в Брестской областной станции химизации.

### Список литературы:

1. Вашула А.В. Точное земледелие в республике Беларусь: состояние и перспективы / А.В. Вашула, С. А. Антошук // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2019. – № 52. – С. 19 – 24.
2. Мыслыва, Т. Н. Внедрение точного земледелия в Республике Беларусь в контексте национальных земельных отношений: проблемы и перспективы / Т. Н. Мыслыва, О. А. Куцаева // Вестник БГСХА: науч.-метод. журн. - 2020. - №4. - С. 154-163.
3. Мыслыва, Т. Н. Практические аспекты использования методов геопространственного анализа в землеустройстве и земельном кадастре / Т. Н. Мыслыва, О. А. Куцаева // Земля Беларуси. – 2018. – №3. – С. 14 – 18.
4. Сельское хозяйство Республики Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь, Минск. – 2019. – 212 с.

# **АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

## СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ В ЭПОХУ РАЗВИТИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

*Д. Л. Гнилякевич*

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, г. Гродно  
Научный руководитель: Е. Л. Разова, кандидат философских наук, доцент*

По мере развития общества и совершенствования, усложнения информационных систем (комплексов) возникает все большая потребность в рациональном представлении соответствующих процессов для дальнейшей обработки и удобства хранения данных. В связи с этим разрабатываются улучшенные методы работы с такими информационными ресурсами, которые бы упрощали принятие критических решений.

Системный анализ – это мощный инструмент, использующий целый спектр средств для комплексной обработки и управления сложными системами, широко задействующий возможности различных наук и применяемый в множестве областей, таких как, к примеру, экология, экономика, инженерия, логистика и др.

В системном анализе исследования строятся на основе категории *системы*, под которой понимается единство взаимосвязанных и взаимовлияющих элементов, расположенных в определенной закономерности в пространстве и во времени, совместно действующих для достижения общих целей [1].

Главной целью системного подхода является разбиение чего-то сложного на простое для упрощения его анализа. В этом заключается суть систематизации данных.

Стоит отметить, что в настоящее время не существует единого мнения о формулировке определения понятия «системы», имеет место лишь множество трактовок и точек зрения относительно этого вопроса. Например, С. Бир определял систему как «одно из названий порядка в противоположность хаосу», в то время как Р. Л. Акофф рассматривал систему как «множество действий (функций), связанных во времени и в пространстве множеством практических задач по принятию решений и оценке результатов, т.е. задач управления» [2].

Такое расширение рассматриваемого понятия связано прежде всего с развитием и усложнением систем, их взаимопроникновением и накладыванием друг на друга.

Системный анализ использует свой инструментарий для разработки в конечном итоге эффективного решения (управленческого, технического и др.). Охарактеризуем структуру системного анализа.

В системном анализе можно выделить 3 этапа: декомпозиция, анализ и синтез.

Этап декомпозиции представляет общее определение системы, ее составляющих (компонентов), выявление воздействующих факторов и тенденций развития.

Этап анализа обеспечивает формирование более детального представления системы, где описываются требования, прогнозы, аналоги, показатели и критерии эффективности, ограничения системы и другие характеристики, которые понадобятся для дальнейшей работы со сложной системой. Кроме того, на этом этапе происходит проектирование системы, состоящее из следующих стадий:

- 1) Выявление функций, свойств, целей системы;
- 2) Выявление основных процессов и их ролей в системе;
- 3) Исследование внешних воздействий на систему;
- 4) Определение иерархии системы;
- 5) Детализация и определение эффективности системы управления.

На этапе синтеза происходит разработка и оценка модели проектируемой системы по различным критериям, а также анализ вариантов синтезированной системы, который подразумевает проведение эксперимента и выбор наилучшего решения.

В области теории системный анализ использует понятийный аппарат, теорию систем и системного анализа, теорию принятия решений и теорию менеджмента.

Понятийный аппарат базируется на целом комплексе понятий и терминов, в том числе заимствованных из других наук. Теория систем основывается на системе знаний, которая «объясняет происхождение, устройство, функционирование и развитие систем различной природы» [3]. Теория принятия решений подразумевает лицо, принимающее решение, которое выбирает наиболее оптимальное решение между альтернативами. Искомый выбор является механизмом разрешения проблемы.

В процессе работы со сложными системами специалисты должны пользоваться некоторыми принципами или положениями, которые бы в большей степени отражали цели исследования и помогали им сосредоточиться на основных моментах системного анализа. К системным принципам относят [4]:

1) *Принцип конечной цели.* Отражает абсолютный приоритет конечной (глобальной) цели, не допускает формулирования расплывчатых целей, которые влекут за собой неверные выводы;

2) *Принцип измерения.* Для определения эффективности функционирования системы надо представить ее как часть более общей и проводить оценку внешних свойств исследуемой системы относительно целей и задач суперсистемы.

3) *Принцип эквифинальности.* Система может достигнуть требуемого конечного состояния, не зависящего от времени и определяемого исключительно собственными характеристиками системы при различных начальных условиях и различными путями (форма устойчивости).

4) *Принцип единства.* Это совместное рассмотрение системы как целого и как совокупности частей (элементов). Принцип ориентирован на «взгляд внутрь» системы с сохранением целостных представлений о ней.

5) *Принцип связности.* В соответствии с этим принципом систему в первую очередь следует рассматривать как часть (элемент, подсистему) другой системы, называемой суперсистемой (старшей системой).

6) *Принцип модульного построения.* Принцип указывает на возможность вместо части системы исследовать совокупность ее входных и выходных воздействий (модулей) — абстрагирование от излишней детализации.

7) *Принцип иерархии.* Введение иерархии частей и их ранжирование упрощает разработку системы и устанавливает порядок рассмотрения частей.

8) *Принцип функциональности.* Принцип утверждает, что любая структура тесно связана с функцией системы и ее частей. Чтобы придать системе новые функции, следует пересмотреть ее структуру, а не пытаться втиснуть новую функцию в старую схему.

9) *Принцип развития.* Это учет изменяемости системы, ее способности к развитию, адаптации, расширению, замене частей, накоплению информации; вложение в синтезируемую систему возможности развития.

10) *Принцип децентрализации.* Сочетание в сложных системах централизованного и децентрализованного управления, которое, как правило, заключается в том, что степень централизации должна быть минимальной, обеспечивающей выполнение поставленных целей.

11) *Принцип неопределенности.* Предполагает учет неопределенностей и случайностей в системе. Принцип утверждает, что можно иметь дело с системой, в которой структура, функционирование или внешние воздействия не полностью определены.

Применение методов системного анализа остается актуальным в силу его способности обеспечивать глубокое понимание сложных взаимосвязей и структур в различных областях. Этот подход позволяет не только эффективно решать проблемы, но и способствует оптимизации процессов, рациональному управлению информационными ресурсами и принятию более обоснованных и результативных решений.

Насущными задачами, для разработки решений которых применяется системный анализ являются: оптимизация логистических систем дистрибуции продукции, автоматизация обслуживания отрасли энергетики, внедрение новых технологий и роботизированных систем, мониторинг промышленных процессов.

В условиях современного постоянно меняющегося мира с возрастанием сложности задач системный анализ становится неотъемлемым инструментом для научного прогресса, представляя собой структурированный подход к анализу, управлению и поддержанию нормального состояния систем любого масштаба.

### Список литературы

1. Шепталин, Г. А. Общая теория систем и системный анализ [Текст]: учеб. пособие / Г. А. Шепталин, Л. И. Шепталина. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2007. – 101 с.
2. Волкова, В. Н. Системный анализ и принятие решений: словарь-справочник [Текст]: учеб. пособие / В. Н. Волкова, В. Н. Козлов. – М.: Высшая школа, 2004. – 616 с.
3. Сурмин, Ю. П. Теория систем и системный анализ [Текст]: учеб. пособие / Ю. П. Сурмин. – Киев: МАУП, 2003. – 364 с.
4. Анфилатов, В. С. Системный анализ в управлении [Текст]: учеб. пособие / В. С. Анфилатов, А. А. Емельянов, А. А. Кукушкин. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 368 с.

УДК 681.3

## ИНТЕГРАЦИЯ ГРАФИЧЕСКИХ РЕСУРСНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ В ШАБЛОН ПРОЕКТОВ НА VISUAL C++

*Д. Л. Карагодин  
БрГТУ, Брест*

*Научный руководитель: Г. Л. Муравьев, к.т.н., доцент*

Язык программирования Visual C++ является одним из наиболее мощных и универсальных инструментов, в том числе для создания приложений для операционной системы Windows. Позволяет создавать высокопроизводительные и инновационные программы. Характерная особенность языка – широкое использование шаблонного программирования. Так широкий спектр шаблонов (типовых каркасов) проектов, приложений предоставляет готовые специализированные архитектуры и средства их настройки, которые соответствуют определенному типу приложений, что существенно ускоряет и упрощает процессы разработки [1]. В тоже время остается актуальной задача автоматизации до наращивания выбранного шаблона с учетом желаемого интерфейса и требуемой функциональности.

Так при создании событийных приложений с развитым графическим интерфейсом пользователя (ГИП) неотъемлемой частью разработки является добавление ресурсных элементов. Это изображения, пиктограммы, константные строки, меню и другие компоненты, процесс добавления которых является рутинным и трудоемким.

Цель работы: - формирование и анализ существующих решений; - разработка приложения для автоматизации добавления графических ресурсных элементов в проекты на примере шаблонного проекта Windows-приложения; - упрощение процесса разработки программ.

Рассматриваются особенности разработки универсальных шаблонов, возможностей легкого добавления и изменения графических ресурсов в шаблонах проектов, разработки механизмов управления графическими ресурсами в проекте. Представлен опыт реализации соответствующей системы.

Базовые задачи: - определение списка графических ресурсов и требований к их дизайну; - выбор соответствующих библиотек и инструментов для интеграции графических элементов; - разработка подхода и алгоритмов добавления графических ресурсов; - реализация функциональности пользовательского интерфейса и взаимодействия с графическими элементами; - разработка документации, руководства пользователя по использованию средств автоматизации работы с графическими элементами проекта.

Используемые средства, теоретический аппарат [2]: методы проектирования систем с использованием принципов объектной модели, объектной обобщенной и порождающей парадигм; средства UML для разработки и описания решений; каркасное программирование, макетирование решений средствами Microsoft Visual Studio [3, 4].

Представленное в работе приложение макетирует процессы автоматизации вставки графических ресурсов на примере использования базового шаблона windows-приложений с программными модулями (модуль поддержки главной функции приложения WinMain, модуль базового набора обработчиков сообщений главного окна приложения) и модулем, предназначенным для автономного хранения описаний графических ресурсов.

Приложение модифицирует исходный проект пользователя, созданный на указанном шаблоне в среде разработки Visual Studio, внося изменения в соответствующие файлы \*.cpp, \*.h, \*.rc проекта (исходного шаблона). Сам процесс модификации реализуется на базе шаблонных заготовок для графических элементов и правил их вставки путем анализа исходных кодов строка за строкой с внесением необходимых корректив в код либо вставкой дополнительных фрагментов кода с последующей корректировкой файлов шаблона.

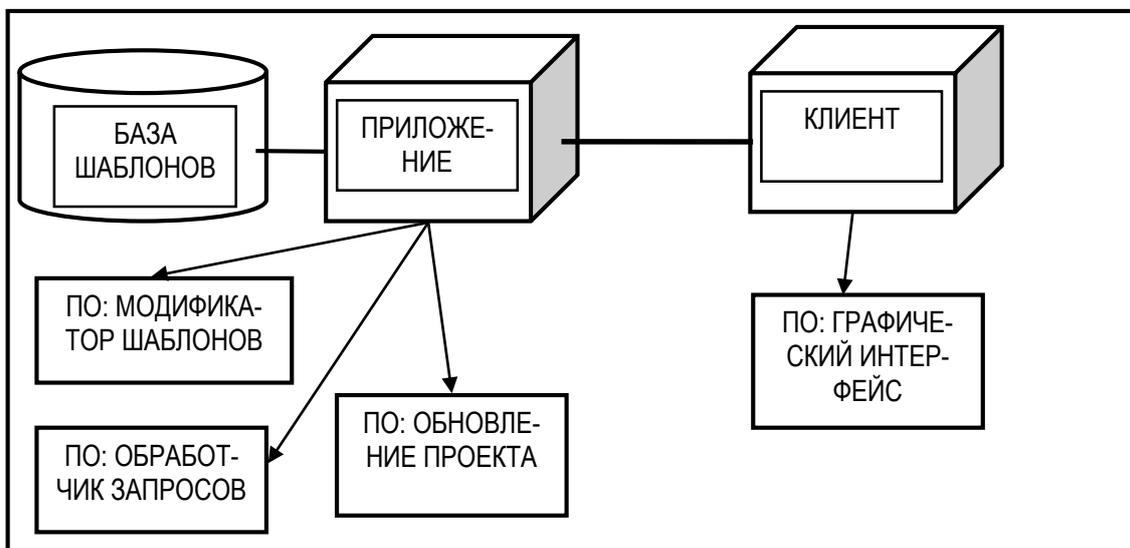


Рисунок 1 – Состав системы

Упрощенная структура системы представлена на рисунке. Включает библиотеку (базу) готовых шаблонов графических элементов и само приложение, содержащее средства модификации-вставки кодов проекта и связанных с ними обработчиков, средства обновления файлов проекта. Результат – модифицированный каркас клиента с шаблоном ГИП, предназначенный для дальнейшей доработки.

Макет системы опробован на добавлении-редактировании ряда типовых ресурсов и поддерживающих их компонентов: - меню, пунктов меню с одновременным добавлением соответствующих обработчиков; - обработчиков сообщений перерисовки, сообщений ввода (нажатие клавиш клавиатуры и кнопок мыши); - диалоговых окон с набором элементов управления и соответствующих обработчиков и др.

Обработчики могут быть представлены методами-“заглушками”, а при желании с добавлением комментирующих сообщений, например, с использованием стандартных окон-сообщений.

На каждом этапе модификации шаблона проект можно “пересобрать” для проверки результатов, а также для внесения пользовательских изменений.

Проектные решения представлены диаграммами прецедентов, классов, компонентов. Приложение реализовано с использованием среды разработки Visual Studio 2022 [3], языка программирования C++, библиотеки для разработки графических приложений WinAPI (Windows API) [4].

#### **Список литературы.**

1. Орлов, С.А. Программная инженерия / С.А. Орлов. — СПб.: Питер, 2016. — 640 с.
2. Эванс, Э. Предметно-ориентированное проектирование: структуризация сложных программных систем / Э. Эванс. - М.: ООО “И.Д. Вильямс”, 2016. - 448 с.
3. Visual Studio [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ruru/windows/win32/apiindex/api-index-portal>. – Дата доступа: 03.06.2023.
4. Индекс API для классических приложений Windows [Электронный ресурс]. – 2023. – Режим доступа: <https://goo.su/pUiN>. – Дата доступа: 03.06.2023.

## ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИИ ПАТТЕРСОНА КРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ОБРАЗЦОВ

В. В. Крот

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно*

Метод Паттерсона — это мощный инструмент для анализа рентгеновских дифракционных данных, который используется для определения структуры кристаллических материалов. Он был разработан английским физиком Эриком Паттерсоном в 1934 году и с тех пор стал важным инструментом для исследования кристаллических структур.

Основная задача метода Паттерсона — это определение относительных положений атомов внутри кристаллической структуры. Для этого он использует данные

о рассеянии рентгеновских лучей кристаллом, которые записываются в виде дифракционных образцов. Метод Паттерсона применяется на этапе интерпретации этих образцов и предоставляет информацию о том, какие атомы в кристалле находятся ближе друг к другу. Также метод Паттерсона может использоваться для определения изменений в кристаллических структурах образцов, например, изменения, вызванные облучением образца лазерным излучением. Если кристаллическая структура образца изменилась под воздействием лазерного облучения, это будет отражено в изменениях в дифракционных образцах. Путем анализа изменений в дифракционных данных, можно определить, какие атомы или молекулы подверглись изменениям в структуре, и оценить масштаб и характер этих изменений.

Принцип работы метода Паттерсона заключается в следующем:

**1. Вычисление электронной плотности.** Сначала вычисляется электронная плотность кристалла, используя рентгеновские данные и математические преобразования Фурье. Электронная плотность представляет собой трехмерную карту распределения электронов в кристалле.

**2. Вычисление автокорреляционной функции.** Вычисляется автокорреляционная функция электронной плотности, которая показывает, какие участки электронной плотности коррелируют друг с другом при различных расстояниях и углах. Это позволяет выявить симметричные элементы в структуре.

**3. Поиск пиков в автокорреляционной функции.** Анализируя автокорреляционную функцию, метод Паттерсона находит пики, которые соответствуют возможным парам атомов с известными расстояниями между ними.

**4. Решение структуры.** На основе пиков в автокорреляционной функции и с использованием дополнительной информации о симметрии кристалла и химических свойствах атомов определяется конечная структура кристалла.

Зачастую известна идеальная структурная модель кристалла, и необходимо установить изменения взаимоконфигурации атомов в кристалле, подвергшемся

лазерному (или иному) облучению. Для анализа этих изменений нами предложено использовать корреляционную функцию [1].

Таким образом, метод Паттерсона играет важную роль в кристаллографии, поскольку предоставляет информацию о структуре кристаллических материалов, что имеет широкое применение в различных областях науки и технологии, включая химию, физику и биологию.

При всей полезности этого метода, не было обнаружено ни одного программного продукта, который бы осуществлял автоматическую обработку изображений рентгенограммы и производил бы по ней расчет корреляционной функции. Таким образом, была поставлена задача по разработке программного продукта, осуществляющего обработку рентгенограмм кристаллических образцов, расчета по ним функции Паттерсона и сохранением результатов базу данных.

Вкратце рассмотрим суть программы:

1) На вход программы подается изображение рентгенограммы исследуемого образца до облучения. [рис. 1]. Также пользователь вводит дополнительные данные для расчета: диапазоны углов тета, длина волны рентгеновского излучения, химический элемент исследуемого образца

2) Программа анализирует полученное изображение и получает список пиков, в которых содержится информация об интенсивности (высоте) пика и его угле тета.

3) Программа передает этот список в метод для расчета функции Паттерсона, где и производится расчет.

4) Полученные данные сохраняются в базу данных, а также доступны для визуального просмотра в виде графика.

5) Пользователю предлагается загрузить изображение рентгенограммы образца после облучения [рис. 1] и пункты 2-4 повторяются.

После запуска программы, пользователя встречает форма для загрузки изображений, а также для введения других параметров, необходимых для расчета метода Паттерсона. Присутствует валидация введенных данных.

Если валидация пройдена успешно, то запускается алгоритм выполнения метода Паттерсона. Он состоит из трех этапов:

1) Сначала отработывает метод `ProcessImage()` класса `ImageProcessorService` по результатам которого создается список считанных пиков и передается далее для расчета метода Паттерсона в качестве одного из входных параметров метода `Execute()` класса `PattersonFunctionService`.

2) Выполняется расчет метода Паттерсона, определяются основные величины.

3) Полученные результаты выполнения метода Паттерсона отправляются на форму для отображения графиков, а также отправляются на сохранение в базу данных.

База данных состоит из четырёх таблиц. Основной таблицей является таблица `experiment`, которая олицетворяет собой один проводимый эксперимент, то есть расчет функции Паттерсона до облучения ультрафиолетовым излучением и после него.

Таблица `element` хранит в себе данные о каждом доступном для анализа элементе. Эта таблица должна быть заполнена до начала работы с приложением, при старте программы проверяется, существуют ли в базе данных все необходимые таблицы.

Следующие две таблицы хранят данные непосредственно о самом эксперименте. В таблице `peak_data` хранятся данные, необходимые для расчета метода Паттерсона, а в таблице `patterson_peak` хранятся результаты этого метода.

Для тестирования работы программного комплекса был проведен расчет изменения кристаллической структуры титана, подвергнутого лазерному облучению. Рассмотрим воздействие лазерного излучения на образец  $\alpha$ -Ti. Каждый максимум интенсивности на рентгенограмме – это отражение  $n$ -го порядка от серии плоскостей  $(hkl)$  с межплоскостным расстоянием  $d_{hkl}$ , соответствующим углам скольжения  $\vartheta$ . Из уравнения Вульфа-Брэггов устанавливается связь между  $d_{hkl}$  и длиной волны излучения, в котором получена рентгенограмма [2].

$$\frac{d}{n} = d_{hkl} = \frac{\lambda}{\sin \vartheta} \quad (1)$$

Сперва необходимо определить максимумы интенсивности и соответствующие им значения углов  $2\vartheta$ . По формуле (1) определить  $d_{hkl}$ .

Для детального изучения характера структурных изменений необходимо исследовать не только положения, но и интенсивности рентгеновских рефлексов, для чего был использован метод межатомной функции (метод Паттерсона).

По экспериментальным значениям интенсивностей определим  $|F|^2$ :

$$I(hkl) = |F|^2 \cdot PLG \cdot K \quad (2)$$

где  $PLG$  – «пээльжэ-фактор»,  $K$  – совокупность ряда факторов.

$PLG$  фактор, а также фактор поглощения  $P$  рассчитываются с использованием формул [3]:

$$PLG = \frac{1 + \cos^2 2\vartheta}{2 \sin 2\vartheta} \quad (3)$$

$$P = \frac{1 + \cos^2 2\vartheta}{2 \sin 2\vartheta} \quad (4)$$

По вычисленным значениям  $|F|^2$  проводили расчет  $P(\vec{u})$ . Положения корреляционных сфер сравнивали с величиной межатомного расстояния, определенной по структуре кристалла.

Нами было рассмотрено 2 варианта расчета  $P(\vec{u})$ :

$$P(u) = \sum_i |F_i|^2 \frac{\sin 2\pi su}{2\pi su} \quad (5)$$

$$P(u) = \sum_i |F_i|^2 \cos 2\pi su \quad (6)$$

Расчет  $P(\vec{u})$  проводили в диапазоне  $u=1\text{\AA} - 10\text{\AA}$  с интервалом  $\Delta u=0,1\text{\AA}$ . Результаты расчетов показывают, что при воздействии на титановый образец излучения рубинового лазера с  $q \sim 5 \cdot 10^4 \text{ Вт/см}^2$  расщепления максимума  $P(u)$  не

наблюдается, в то же время как ширины максимумов рентгеновских дифрактограмм, так и форма функции  $P(u)$  существенно меняется. Это свидетельствует о значительном изменении концентрации дефектов кристаллической решетки в обработанной лазерным излучением зоне. Получено хорошее согласие рассчитанных и полученных в ходе экспериментальных исследований результатов.

#### **Список литературы:**

1. A. Y. Ivanov [et al.] Structure changes in metals after their laser treating in different conditions // Energy Fluxes and Radiation Effects (EFRE–2022): Proceedings of 8th International Congress (Tomsk, 2-8 okt. 2022). Томск : IEEE, 2022. С. 1-6.
2. Горелик С.С., Расторгуев Л.Н., Скаков Ю.А., Рентгенографический и электроннооптический анализ. М.: Металлургия, 2002.
3. Лиопо В.А., Авдейчик С.В., Овчинников Е.В., Малай Н.В., Струк В.А. Оценка параметров наночастиц на основе корреляционных функций // Прикладная математика & Физика. 2013. Т. 33. № 26 (124). С. 181-186.

УДК 004.031.6

### **АВТОМАТИЗИРОВАНИЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАРШРУТНЫХ ТАКСИ, КОМПОНЕНТА ВОДИТЕЛЯ**

*А. А. Левчук*

*БРГТУ, Брест*

*Научный руководитель: к.т.н., доцент В. Н. Шуть*

Главные недостатки маршрутного транспорта связаны со значительными эксплуатационными затратами, небольшой вместимостью транспортных средств, загрязнением окружающей среды, высоким уровнем шума, непостоянным графиком работы. Но благодаря преимуществам маршрутного транспорта перед другими видами и, несмотря на присущие ему недостатки, оно получило значительное распространение.

В данный момент организации транспорта городов Беларуси не имеют достоверной информации о перевозимых пассажирах по часам суток. Это вызывает определенные трудности в планировании графика движения, так как неизвестно, сколько может понадобиться маршруток на перевозку.

Одно из возможных решений – создать систему, позволяющую пользователям регистрировать в системе заявки на проезд маршрутным транспортом [1,2]. Это позволит рассчитывать загруженность маршрута на ближайшее время и, как следствие, корректировать количество транспортных средств на конкретном маршруте.

Основной задачей данного проекта является реализация системы на перевозку пассажиров городским общественным транспортом.

Обуславливается эта задача тем, что на текущем этапе развития системы городского общественного транспорта существует такая проблема как движение маршрутных такси по маршрутам, на которых число реальных пассажиров значительно ниже, чем количество мест, доступное в транспортном средстве. Потенциальные клиенты не имеют возможности получить нужную им информацию об актуальном графике движения маршрутного такси и предпочитают другие виды транспорта. Это приводит к необоснованным тратам на топливо и потере выручки для операторов.

### Математическая модель

В общем виде маршрут транспортного средства можно представить в виде (рисунок 1):

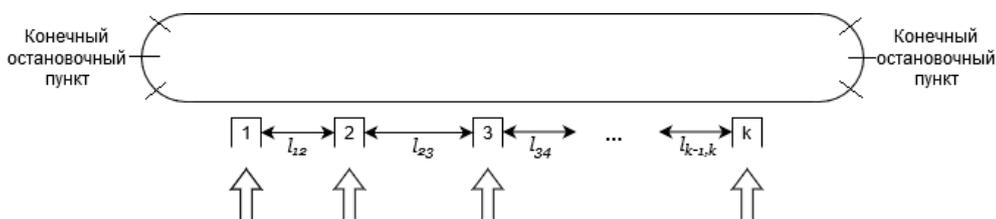


Рисунок 1 – Маршрут транспортного средства

На рисунке изображён линейный маршрут, состоящий из  $k$  остановок. На данном маршруте обозначены два конечных и  $k - 2$  промежуточных остановочных пункта. Через  $l_{ij}$  обозначены расстояния между  $i$ -ой и  $j$ -ой остановками,  $i, j = \underline{1, k}$ . Стрелками обозначена интенсивность прибывающего пассажиропотока для каждой остановки, которая обозначается как  $\lambda_i \left[ \frac{\text{чел}}{\text{мин}} \right]$ ,  $i = \underline{1, k}$ .

Условие для запуска транспортного средства на маршрут можно определить следующим образом(1):

$$\lambda_{\text{humpr}} * t_{\text{доезда}} \leq (1 - a_{\text{humpr}}) * V \tag{1}$$

где  $\text{humpr}$  – точка, в которой наблюдается приближение к величине  $a_{\text{humpr}} * V$ ;

$V$  – объём маршрутного такси;

$a_{\text{humpr}}$  – коэффициент заполненности;

$\lambda_{\text{humpr}}$  – интенсивность пассажиропотока;

$t_{\text{доезда}}$  – время приезда в заданную точку.

Это условие отслеживается для каждой из остановок на маршруте, при достижении равенства вышеописанного условия достигается второй предполагаемый максимум эффективности перевозки маршрутным такси на заданном маршруте.

Условие для каждой остановки соответственно (2):

$$\lambda_i * t_i \leq (1 - a_i) * V, i = \underline{2, k} \tag{2}$$

Объединив два условия, получим:

$$S_r + t_r * \lambda_r \leq V, r = \underline{2, k} \tag{3}$$

В реальных условиях необходимо учитывать погрешность в изменении количества пассажиров на маршруте при расчёте максимально допустимой заполненности маршрутного такси, поэтому она составляет 80–90% от реальной максимально допустимой заполненности.

Данный подход к функционированию системы городского общественного транспорта позволяет повысить эффективность транспортных средств на маршруте, оптимизировать забор и высадку пассажиров для более полного удовлетворения потребностей клиентской стороны, уменьшить затраты из городского бюджета[3,4].

### **Рекомендация по времени выезда для водителя**

Одной из центральных функций приложения для водителя маршрутного такси является рекомендация по времени его выезда с конечного пункта на маршрут. В соответствии с информацией, поступающей на сервер, водителю будет подан сигнал активации, когда ему следует выехать с остановочного пункта, на котором он находится. Выезд происходит, когда на одном из остановочных пунктов предполагаемая заполненность транспортного средства, подходит к максимально допустимой в данной точке.

Сигнал информирует водителя маршрутного такси о том, что на маршруте следования появилось достаточное количество пассажиров, ожидающие маршрутное такси на остановочном пункте (создавшие заявку в системе на проезд до определённого остановочного пункта). Остановочный пункт фиксируется и происходит запуск транспортного средства. Далее по мере приближения к данной точке осуществляется высадка уже подобранных пассажиров и забор ожидающих на промежуточных остановках. На конечном остановочном пункте транспортное средство останавливается и ожидает следующего сигнала о запуске.

Условие запуска транспортного средства, в случае, когда все пассажиры используют приложение для маршрутного такси, описано в математической модели. Необходимо произвести расчёт для каждой остановки фактического числа созданных заявок, а также числа заявок, которые будут созданы с учётом текущей интенсивности пассажиропотока.

Для этого, серверное приложение производит расчёт числа пассажиров согласно уже созданным заявкам  $S_r$  для каждой остановки, а затем к полученным значениям добавляет произведение  $t_r * \lambda_r$  времени, за которое маршрутное такси доберётся до этой остановки на интенсивность пассажиропотока. Интенсивность пассажиропотока может, например, быть рассчитана как средняя частота создания заявок за последний час на этой остановке.

На данный момент заявки пассажиров маршрутного такси сохраняются в базе данных с меткой времени. Это означает, что для каждой заявки известно время, когда она была создана, и остановочный пункт, на котором производится посадка пассажира. Отсюда следует, что расчёт числа заявок за последний час на конкретной остановке может быть выполнен одним запросом к базе данных.

Когда на одной из остановок условие выполняется, серверное приложение отправляет запрос клиентскому приложению для водителя, сообщающий о том,

что описанный выше сигнал может быть подан, после чего приложение для водителя информирует об этом пользователя.

Таким образом, когда возникает ситуация, необходимая и достаточная для того, чтобы отправить транспорт по данному маршруту, сервер отправляет сигнал приложению для клиента-водителя о потребности выйти на маршрут. В ситуации отсутствия пассажиров транспорт не выйдет на маршрут и тем самым затраты на бензин будут сокращены.

### **Рекомендация смены маршрута**

Рассмотрим ситуацию, когда интенсивность пассажиропотока повышается только в отдельных районах города. Это может быть связано с проведением массовых мероприятий (концертов, торжеств, салютов и др.) приуроченных к конкретным датам. Может возникнуть ситуация, когда на одном или нескольких маршрутах накопилось слишком большое число заявок, в то время как на других маршрутах заявок почти нет.

Эффективным решением будет отправить маршрутное такси с одного маршрута на другой. Алгоритм работы, оптимальный с точки зрения удобства пассажиров, следующий:

1. Система выбирает самый загруженный маршрут (маршрут, сумма количества заявок на остановочных пунктах которого максимальна), и записывает его номер.

2. Система выбирает наименее загруженный маршрут (маршрут, сумма количества заявок на остановочных пунктах которого минимальна), и предлагает каждому водителю маршрутного такси на этом маршруте поменять маршрут. При этом система отображает записанный номер наиболее загруженного маршрута, куда водителю предлагает перейти.

3. Система уведомляет всех пользователей (водителей маршрутных такси) на обоих маршрутах, когда один из водителей подтверждает смену маршрута (переходит со своего маршрута на предложенный). При этом, если на маршруте остаётся только 1 последний водитель, система перестаёт предлагать переход. Система оставляет хотя бы одного водителя на каждом маршруте.

Таким образом, идея в том, чтобы переводить простаивающие ресурсы на наиболее загруженные маршруты.

### **Список литературы**

1. Шуть, В.Н. Информационная транспортная система массовой конвейерной перевозки пассажиров / В.Н.Шуть, Л.Персиа, Г.Джустуани. // «Искусственный интеллект № 1-2, 2015: Киев: ИПИИ «Наука і освіта», 2015. – С. 213–221.

2. Глущенко, Т.А. Инфобус – новый тип интеллектуального транспорта для внутригородских пассажирских перевозок / Т.А. Глущенко, В.В.Касьяник, Е.Е.Пролиско, В.Н. Шуть. Вестник Брестского государственного технического университета. Физика, математика, информатика. № 5(101). 2016. – С. 67-69.

3. Николаев М.В. Программная реализация модели городской транспортной системы перевозки пассажиров / Козинский А.А., Николаев М.В., Шуть В.Н. //

VI Міжнародна науково-технічна конференція «Комп'ютерне моделювання та оптимізація складних систем» – Дніпро: ДВНЗ УДХТУ, 2020 – С. 41-42.

4. Николаев М. В. Система оптимизации работы маршрутного такси / М.В. Николаев, В.Н. Шуть // Актуальні проблеми фундаментальних наук : матеріали IV Міжнар. наук. конф. – (Луцьк – Світязь, 01 – 05 черв. 2021 р.) – Луцьк: Вежа - Друк, 2021. – С. 177-179.

УДК 33.053

## МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ЭКОНОМИКИ ЗАМКНУТОГО ЦИКЛА

*Н. Н. Леонович,*

*УО «Брестский государственный технический университет», г. Брест;*

В национальной белорусской экономике актуальной является проблема высокой энерго- и материалоёмкости производства, что свидетельствует о необходимости применения новых подходов в организации ресурсосберегающего функционирования народного хозяйства. Следствием перехода к циклическому замыканию ресурсов является повышение конкурентоспособности экономики в результате снижения себестоимости производимой продукции, за счет уменьшения использования первичных природных ресурсов. [1].

Циклическая модель экономики – это модель, которая представляет собой упрощенное представление о динамике экономики, в которой потоки ресурсов, услуг

и товаров образуют замкнутую систему. Эта модель помогает исследовать взаимосвязи между различными компонентами экономики. В рамках такой модели можно рассматривать экономику как сложную систему, потому что она включает в себя множество элементов и процессов, которые взаимодействуют между собой. Например, в замкнутом цикле присутствуют следующие аспекты:

➤ материальные ресурсы: потоки различного вида сырья, материалов и энергии составляют базу производственной деятельности, а так как все экономические процессы включают в себя использование материальных ресурсов, то таким образом эта составляющая представляет собой основополагающий элемент;

➤ потоки товаров и услуг: в экономике концентрируются товары и услуги, а их производство, распределение, потребление, утилизация и воспроизводство образуют сложные взаимосвязи;

➤ трудовые ресурсы: люди участвуют в циклическом производстве/воспроизводстве, распределении, потреблении (совместном потреблении) товаров и услуг, раздельном сборе, переработке отходов в ресурсы и всё это влияет на уровень занятости, зарплаты и доходов;

➤ инвестиции и сбережения: если люди и компании инвестируют свои сбережения в круговую экономику, то это может повлиять на уровень производства/воспроизводства и доходов;

➤ налоги и государственные расходы: действия правительства в сфере налогообложения и финансовых расходов могут оказывать воздействие на развитие круговой экономики и впоследствии на долгосрочные экономические показатели и тенденции;

➤ финансовая политика: центральный банк и правительство, оказывают воздействие на денежное предложение и процентные ставки, что в конечном счете может повлиять на уровень инфляции и общий экономический рост;

➤ внешняя торговля: круговая экономика может быть подвержена воздействию внешней торговли, включая процессы экспорта и импорта, что также способно повлиять на внутренние экономические процессы.

Указанные выше элементы взаимодействуют внутри экономики замкнутого цикла, и изменения в одном аспекте могут оказать влияние на другие аспекты. Таким образом экономика замкнутого цикла может быть проанализирована с использованием методов и понятий сложных систем:

✓ статистические методы: анализ временных рядов, регрессионный анализ и другие статистические методы могут использоваться для изучения тенденций в экономике замкнутого цикла и оценки влияния различных факторов;

✓ моделирование агентов: позволяет изучать поведение индивидуальных хозяйств и фирм в замкнутом цикле и анализировать их взаимодействие;

✓ методы системного анализа: теория систем и методы системного анализа могут использоваться для изучения взаимосвязей между различными компонентами экономики замкнутого цикла;

✓ методы мониторинга и оценки: оценка экономических показателей, таких как ВВП, инфляция, безработица и другие, позволяет отслеживать текущее состояние и изменения в экономике замкнутого цикла;

✓ экономические модели в рамках теории игр: могут использоваться для анализа стратегического взаимодействия между различными участниками экономики и оценки равновесия;

✓ графические методы: графики и диаграммы могут быть полезными инструментами для визуализации экономических данных и тенденций, (например, динамика образования отходов производства и потребления в Республике Беларусь

✓ компьютерное моделирование: использование компьютерных моделей и симуляций позволяет исследовать различные сценарии и предсказать результаты изменений в экономике замкнутого цикла.

В качестве примера можно рассмотреть применение статистического метода анализа временных рядов количественных показателей образования твёрдых бытовых отходов по городу Бресту для идентификации модели и последующей экстраполяции данных [2]. Данный подход, совместно с предварительным графическим анализом реализован для создания прогнозной модели, в результате применения которой, получена прогнозная оценка возможного образования твёрдых коммунальных отходов в городе Бресте на три прогнозных периода в среднесрочной перспективе (рис. 1) для планирования внедрения принципов экономики

замкнутого цикла в экономику региона Брестской области, а именно использование вторичных материальных ресурсов в качестве производственного сырья.

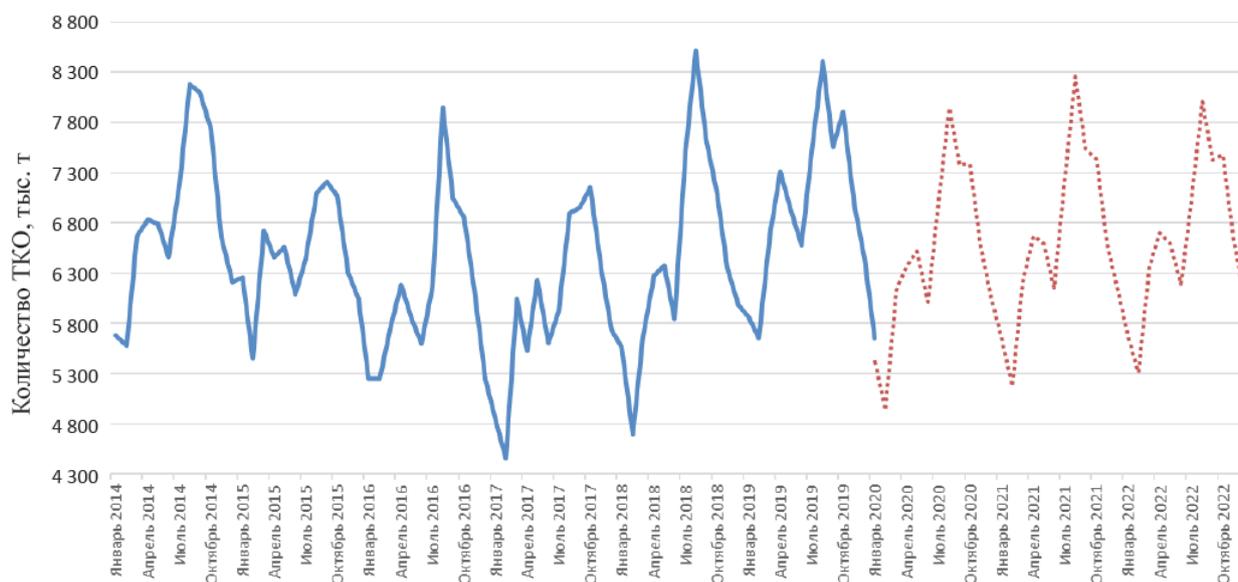


Рисунок 1 - Вид прогнозной модели количественного образования твёрдых коммунальных отходов по городу Бресту[2]

В качестве примера применения нейронных сетей для анализа аналогичного элемента экономики замкнутого цикла – объёмов образовательных отходов можно рассмотреть построения нейросетевой модели в [3], где была применена стратегия с разделением данных на контрольную выборку (30%) и обучающую выборку (70%), с использованием окна размером в 12 показателей. Размер окна выбран при помощи спектрального анализа Фурье, который показал, что временной ряд имеет периодичность в 12 месяцев – значение которого совпадает с соответствующим годовым периодом для оптимизации процесса обучения.

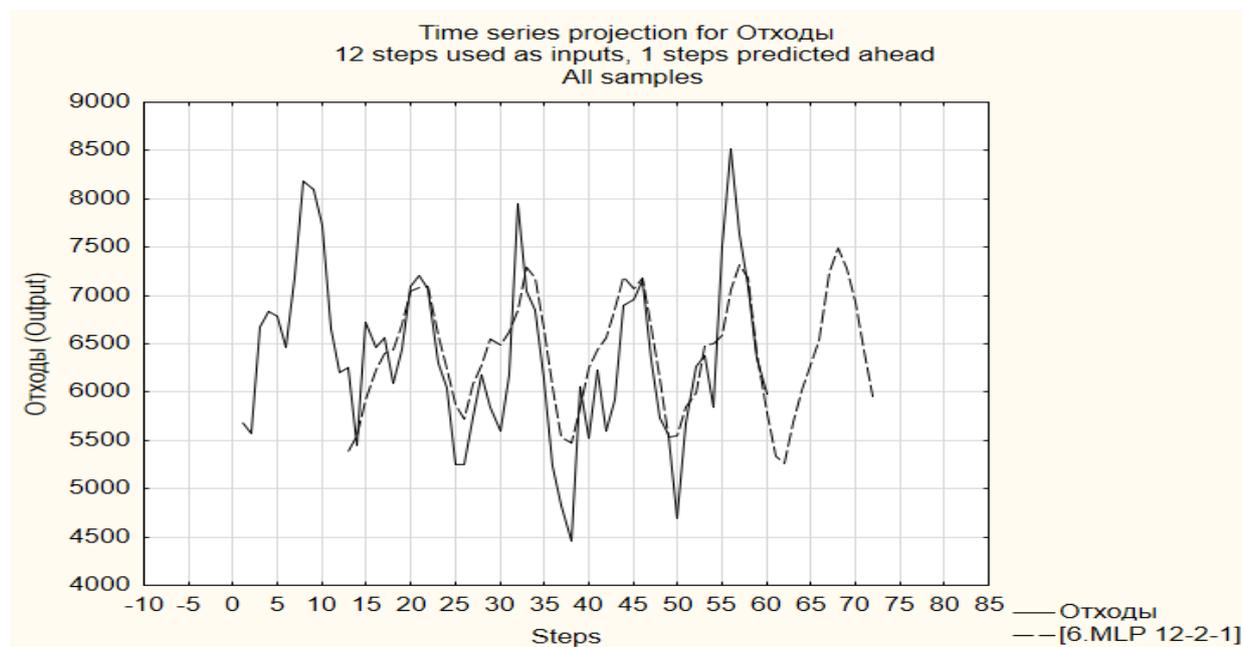


Рисунок 2 - Вид прогнозной модели количественного образования твёрдых коммунальных отходов по городу Бресту, построенной при помощи нейронных сетей [3]

Архитектура выбранной сети представляет собой многослойный персептрон с двумя скрытыми нейронами и с одним выходом. Полученная нейросетевая модель продемонстрировала среднюю относительную погрешность в 7%.

Дополняя вышеназванные аспекты, экономика замкнутого цикла также имеет новые свойства, такие как устойчивость, эффективность, инновационность и т.д., которые не могут быть объяснены только через подсистемы, а должны быть проанализированы через взаимосвязи процессов в сложных системах.

**Заключение.** Экономика замкнутого цикла является сложной структурой, которая требует системного мышления, междисциплинарного подхода и адаптивного управления. Выбор методов анализа сложных систем, в частности круговой экономики, зависит от конкретных целей и задач. Комбинирование нескольких методов зачастую является наиболее эффективным способом получения более полного понимания экономической динамики в такой модели и помогает лучше понимать тенденции изменения экономических процессов, выявлять закономерности и устанавливать оценки основных факторов для прогнозирования, перспективного планирования и разработки рекомендаций для дальнейшего эффективного развития.

В заключение можно отметить, что анализ экономики замкнутого цикла как сложной системы предоставляет ценные сведения для понимания взаимосвязей в экономике, данный факт подчеркивает важность учета множества факторов, влияющих на экономические процессы, и их взаимодействия.

Понимание экономики замкнутого цикла как сложной системы предоставляет основу для разработки более эффективных стратегий управления и прогнозирования экономических явлений. Это также подчеркивает необходимость постоянного мониторинга и адаптации планов развития в условиях изменчивости. В конечном итоге, управление экономикой замкнутого цикла требует глубокого

понимания динамических взаимосвязей между различными секторами и активное внимание к изменениям внутренней и внешней среды.

### Список литературы

1. Леонович, Н. Н. Предпосылки формирования экономики замкнутого цикла для устойчивого развития Республики Беларусь / Н. Н. Леонович, Т. Ф. Старовойтова // Вестник Белорусского государственного экономического университета. - 2023. - № 1 - С. 75-83.

2. Старовойтова, Т. Ф. Прогнозные оценки отходов потребления на примере города Бреста для планирования управления экономикой замкнутого цикла / Т. Ф. Старовойтова, Н. Н. Леонович // Проблемы управления. – 2020. – № 4 (78). – С. 49–56.

3. Леонович Н.Н. Ресурсный потенциал Брестского региона для стратегического планирования и внедрения в экономику замкнутого цикла // Управление информационными ресурсами : материалы XVI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 26 фев. 2020 г. / Акад. упр. при Президенте Респ. Беларусь ; редкол.: Н.Л. Бондаренко [и др.]. – Минск, 2020. – С. 263–265.

УДК 681.3

## ОПЫТ ПОСТРОЕНИЯ МАКЕТОВ ПРОЕКТОВ ОКОННЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ ПО СПЕЦИФИКАЦИЯМ UML СРЕДСТВАМИ C#

*И. А. Парфеевец*

*БрГТУ, Брест*

*Научный руководитель: Г. Л. Муравьев, к.т.н., доцент*

Предметом рассмотрения являются оконные, управляемые событиями приложения и их проекты в части построения действующих макетов - моделей, прототипов проектов по результатам анализа требований к ним, представленных в терминах диаграмм языка UML [1]. Проблемы макетирования приложений рассмотрены в [2], применимость диаграмм UML в [3].

Целью данной работы являлась разработка подхода и методов автоматизации построения шаблонных проектов приложений в соответствии с проектными спецификациями разработчиков.

Показана возможность расширения типовых каркасов (на примере шаблона win api) путем их дооснащения: - меню; - окнами, иерархиями окон, элементами управления в составе интерактивных окон; - методами и прототипами методов-обработчиков сообщений.

Реализация указанного в виде приложения позволит пользователю модифицировать “классический” шаблон проекта, автоматически добавляя специфицированные им события и элементы ресурсов, что упрощает процесс разработки программ.

Приложение создано в Visual Studio 2022, использован язык программирования visual C#. Тестирование приложения проводилось на операционных системах Windows 7 и Windows 10.

Исходные спецификации представлены информацией из диаграмм UML (применялись диаграммы вариантов использования системы, текстовые и формализованные диаграммами видов деятельности описания потоков событий в системе).

Обеспечивается:

- автоматическое нахождение, просмотр, импорт-экспорт кодов файлов из папки проекта, указанного пользователем;
- поддержка обработки базовых сообщений ввода-вывода с добавлением поясняющих комментариев, окон сообщения для учета пользовательской реакции;
- поддержка функционирования иерархического пользовательского меню с неограниченным количеством пунктов и подпунктов;
- добавление ресурса типа диалоговое окно, поддержка иерархической системы окон и др.

Результаты могут использоваться для автоматизации процессов генерации прототипов проектов в целях повышения результативности этапов анализа и проектирования программ. Способствуют повышению эффективности обучения проектированию приложений, анализу предметных областей.

**Список литературы.** 1. Буч, Г. UML / Г. Буч, А. Якобсон, Дж. Рамбо. - СПб.: Питер, 2006. - 736 с. 2. Орлов, С.А. Программная инженерия: технологии разработки программного обеспечения: учебник для вузов / С.А. Орлов. – СПб.: Питер, 2018. – 640 с. 3. Муравьев, Г.Л. О прототипировании приложений с использованием диаграмм UML / Г.Л. Муравьев, В.И. Хвещук, С.В. Мухов // Инновационные технологии обучения физико-математическим и профессионально-техническим дисциплинам: материалы 14-й междунар. научно-практ. конф., Мозырь, 29 марта 2022. - С. 266–268.

## МОДЕЛЬ ЭЛЕКТРОННОЙ СХЕМЫ ДЛЯ СНЯТИЯ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАММЫ НА ОСНОВЕ МИКРОСХЕМЫ AD8232

*В. А. Реджепов*

*БГУИР, г. Минск*

*Научный руководитель: Д. Ю. Перцев, к.т.н., доцент*

Для прогнозирования работы электронных схем разработчики аналоговой техники часто опираются на результаты компьютерного моделирования. Ценность такого симулятора зависит от того, насколько точно он может передать физическую реализацию моделируемой электронной схемы и насколько быстро выдать результаты. Различия между смоделированной ситуацией и реальной работой электронной схемы может привести к многочисленным циклам отладки конечного продукта.

Симулятор SPICE (англ. Simulation Program with Integrated Circuit Emphasis, симулятор электронных схем общего назначения с открытым исходным кодом, разработан в Electronics Research Laboratory в Калифорнийском университете в Беркли), применяется для компьютерного моделирования аналоговых схем, так как позволяет просчитывать поведение сигналов в произвольных схемах. Популярность SPICE обусловлена тремя числовыми методами моделирования, которые используются в нем как основа для симуляции аналоговых схем:

- метод Ньютона (также известный как метод касательных) – это итерационный численный метод нахождения корня (нуля) заданной функции, используется для нахождения решений в схемах с нелинейными элементами;
- метод разреженной матрицы (то есть матрицы с преимущественно нулевыми элементами) предназначен для того, чтобы поместить матрицы в адресное пространство компьютера;
- неявное интегрирование предназначено для дифференциальных уравнений, возникающих в схемах, описывающих реактивные сопротивления.

Возможность симулятора SPICE выдавать надежный результат зависит от того, насколько правильно эти методы реализованы [1].

При разработке динамических систем в электронике часто необходимо рассчитать отклик в стационарном состоянии при воздействии гармонического (синусоидального) сигнала на входе. Такой расчет называется частотным откликом системы и может быть представлен в виде диаграммы Бode, представляющей амплитудный и фазовый отклики системы в зависимости от частоты входного сигнала. Для представления амплитуды обычно используется логарифмическая шкала. Амплитудный отклик выражается в децибелах, поэтому возможно построить сложные графики Бode с помощью суперпозиции нескольких простых характеристик. Если имеется несколько передаточных функций, фактическое умножение их амплитудных откликов упрощается до сложения по логарифмической шкале. Фазовые отклики могут быть аддитивно наложены даже без применения шкалы деци-



- фильтр верхних частот (ФВЧ) – 0,5 Гц;
- фильтр нижних частот (ФНЧ) – 40 Гц.

На рисунке 2 представлена электронная схема, соответствующая рисунку 1, в программе LTspice.

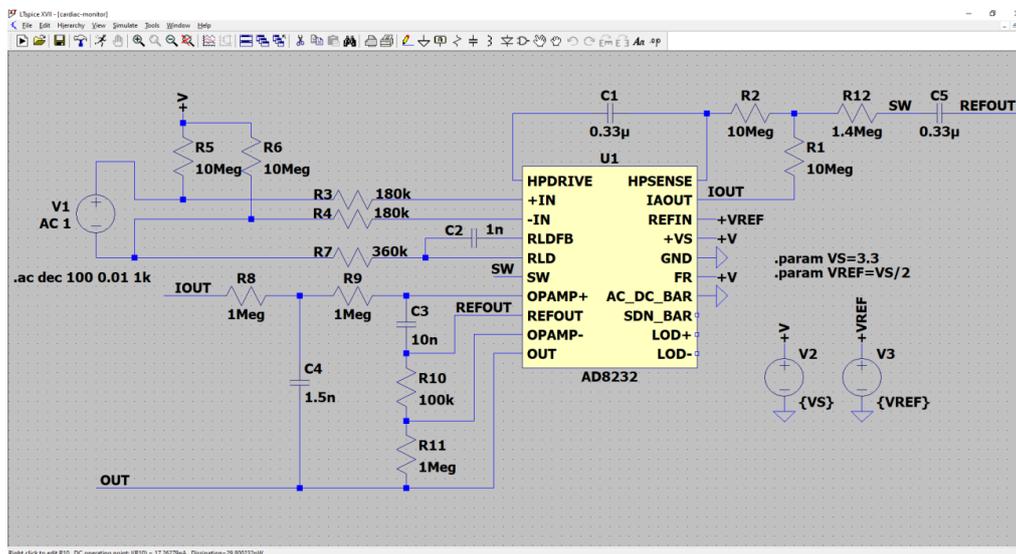


Рисунок 2 – Моделируемая электронная схема

Для моделирования используется директива AC – анализ частотных характеристик для малого сигнала. После обнаружения данной директивы LTspice находит рабочую точку модели по постоянному току, затем модель линеаризуется в районе найденной точки и далее находятся комплексные напряжения узлов, зависящие от частоты. Так как расчет характеристик делается только для одной рабочей точки по постоянному току и не учитывает общей нелинейности модели, результаты данного анализа справедливы только для малого сигнала. Этот режим полезен для исследования частотных характеристик различных цепей и фильтров, а также для синтеза корректирующих устройств методом логарифмической амплитудно-фазовой частотной характеристики [4].

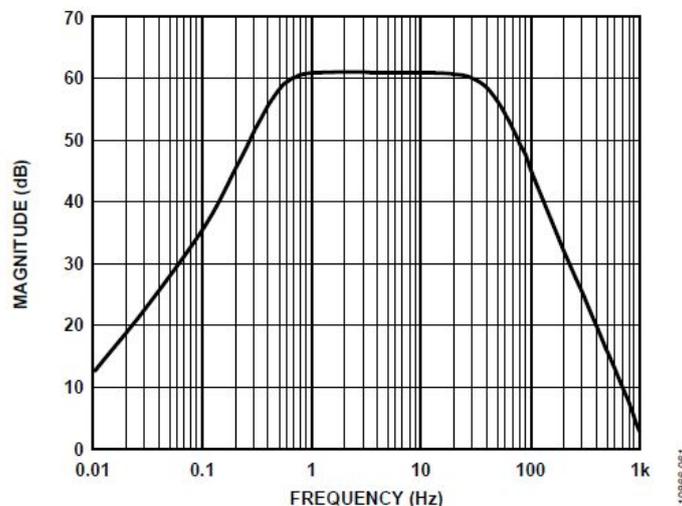


Рисунок 3 – АЧХ моделируемой электрической схемы

Анализ моделируемой электронной схемы проводится в диапазоне частот от 0,01 Гц до 1 кГц с количеством точек на декаду, равным 100. Частотный диапазон выбран согласно рисунка 3. Для вычисления ширины полосы пропускания и граничных частот фильтра используется директива `measure`. В результате моделирования получена диаграмма Бode и вычислены ширина полосы пропускания и граничные частоты фильтра. Результаты моделирования изображены на рисунке 4.

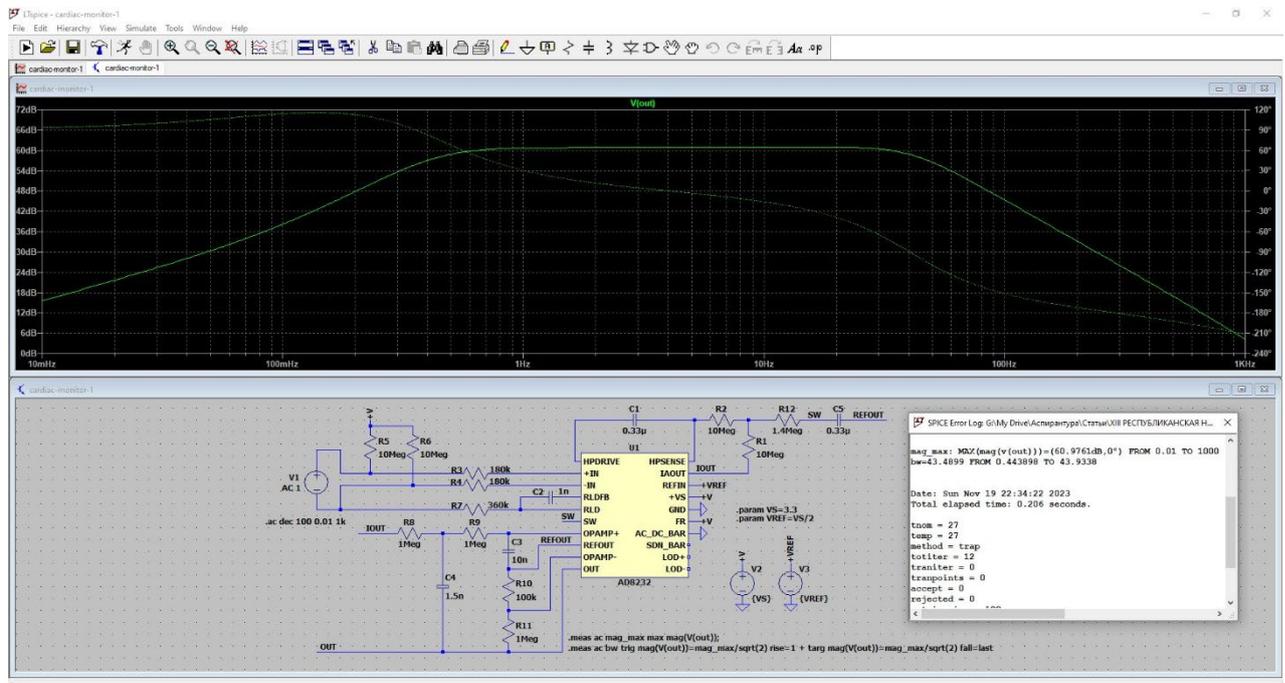


Рисунок 4 – Диаграмма Бode, ширина полосы пропускания и граничные частоты фильтра моделируемой электронной схемы

Вычисленные ширина полосы пропускания фильтра составляет 43.4899 Гц, верхняя граничная частота фильтра – 43.9338 Гц, нижняя граничная частота фильтра – 0.443898 Гц. Анализируя форму АЧХ, полученную в результате моделирования, с формой АЧХ, предоставленной на рисунке 3, можно увидеть, что они совпадают для указанных частотных диапазонов и номиналов компонентов электрической схемы, изображенной на рисунке 1.

Полученные в результате моделирования результаты для коэффициента усиления и граничных частот фильтров приблизительно соответствуют значениям исходной системы. Исходя из данного факта, можно сделать вывод, что модель электронной схемы работает корректно. Полученную модель можно использовать для последующего моделирования и исследования различных характеристик микросхемы AD8232.

### Список литературы

1. Энгельхард, М. Различия в реализациях симуляторов SPICE: // Компоненты и технологии. – 2015. – №7. – Режим доступа: <https://kit-e.ru/spice-differentiation>. – Дата доступа: 14.11.2023.

2. Бранд, Т. Формирование и анализ диаграммы Боде в LTSpice: [Электронный ресурс] // Компоненты и технологии. Режим доступа: <https://kit-e.ru/diagramma-bode>. – Дата доступа: 14.11.2023.

3. Single-Lead, Heart Rate Monitor Front End AD8232: [Электронный ресурс] // Analog Devices. – Режим доступа: <https://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad8232.pdf>. – Дата доступа: 14.11.2023.

4. Володин В.Я. LTSpice: компьютерное моделирование электронных схем. – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 400 с.

УДК 628.3

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАШИНОЙ ДЛЯ ОТЖИМА ВОДЫ ИЗ ИЛА

*М. Д. Тарасевич*

*Брестский государственный технический университет, г. Брест  
Научный руководитель: доцент кафедры АТПиП Прокопеня О. Н.*

### **Введение**

Анализ предприятий мусороперерабатывающей отрасли показывает, что в большинстве из них используются устаревшие методы отработки иловых отложений. Также на многих таких предприятиях соответствующее оборудование сильно изношено и не позволяет в должной степени и с удовлетворительным качеством обрабатывать большие объемы ила. Отсюда цели и задачи состоят в разработке высокоэффективного способа отделения воды из ила.

Важным этапом при очистке сточных вод является механическое обезвоживание осадка. На данный момент существует несколько технологий обезвоживания — с помощью камерных фильтр-прессов, с помощью дисковых шнековых дегидраторов, с помощью ленточных прессов и с помощью центрифуг (декантеров). Каждая технология имеет свои плюсы и минусы (занимаемая площадь, энергопотребление, стоимость и т. п.). При обезвоживании обычно используют реагент (флокулянт) для увеличения эффективности обезвоживания. В настоящее время широкое применение получает использование центрифуг для обезвоживания. Качество разделения жидкой и твердой фракции самое высокое из вышеупомянутых технологий [1].

Цель управления сушки заключается в обеспечении высушивания поступающего влажного твердого материала до заданного влагосодержания при определенной производительности установки по влажному материалу.

Основным возмущением процесса является изменение расхода, начальной влажности и дисперсного состава частиц твердого материала, а также изменение расхода и начальной температуры сушильного агента – теплоносителя.

Основная регулируемая величина процесса – это остаточная влажность твердого материала.



Рисунок 1 - Структурная схема процесса сушки

Вследствие отсутствия надежных измерительных преобразователей остаточной влажности твердого материала при автоматизации процесса в качестве регулируемых величин используют температуру или влажность сушильного агента [2-3]. В САУ машиной для отжима воды из ила в качестве регулируемой величины будем использовать температуру (рисунок 1).

## 1. Описание технологического процесса

В сушильный блок (рисунок 2) подается сырье (кек). В сушильном блоке сырье высушивается до влажности 10-12%.

### Устройство сушильного блока:

Сушильный блок состоит из трех секций 1, 2 и 3. Каждая секция состоит из корпуса с паровой рубашкой 6 и подогреваемого шнека 5. Секции установлены на раме 4, имеют патрубки для загрузки сырья 7 и выгрузки продукта 8, коллектор подвода пара 11 и отвода конденсата 12. Привод состоит из электродвигателя 13 соединенного с редуктором 14 клиноременной передачей 15. Редуктор через цепь 16 передает вращение шнекам 5. Натяжение цепи 16 регулируется устройством 18 при помощи груза 17. Цепная передача закрыта кожухом 19. После монтажа паровые рубашки секций и паропроводы теплоизолируются.

### Принцип работы:

Агрегат работает следующим образом: в работающий сушильный блок равномерно подают сырье через патрубок 7. Сырье транспортируется вдоль корпуса 6 шнеком 5. Во время транспортировки вдоль секции сырье нагревается в тонком слое между корпусом 6 и шнеком 5 и одновременно перемешивается, в результате чего происходит интенсивное испарение влаги из сырья. Соковые пары, образующиеся при сушке, удаляются вытяжной вентиляцией через вытяжной коллектор 10. Сырье последовательно проходит по трем секциям 1, 2 и 3 и выгружается из патрубка 8.

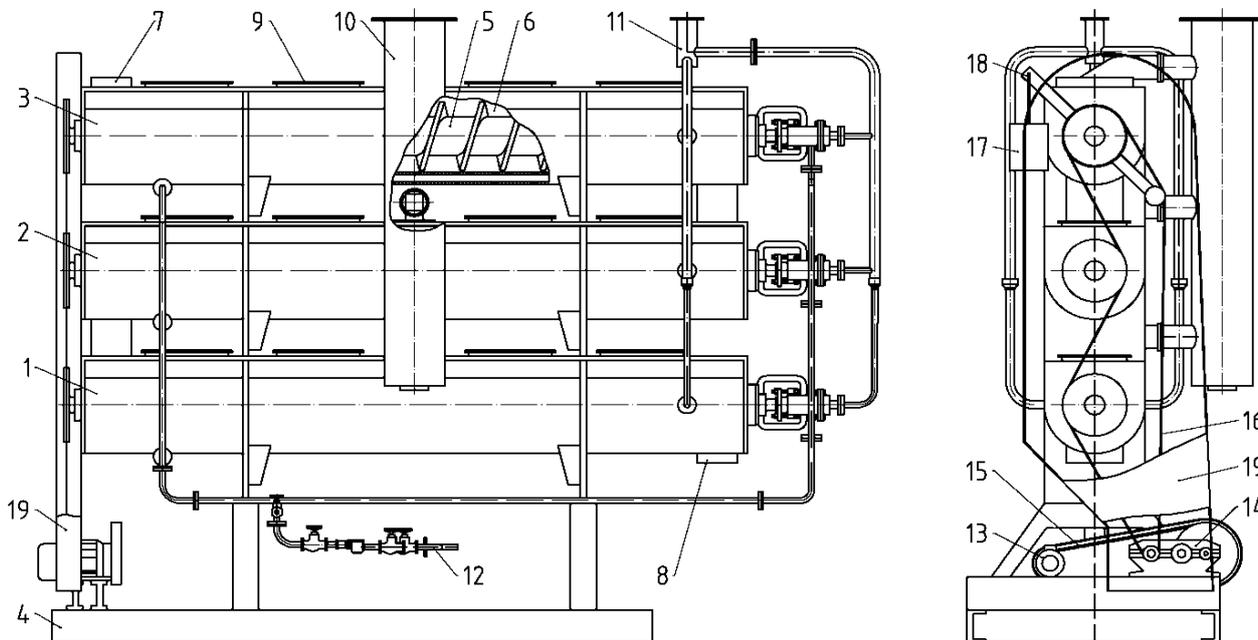
### Технические характеристики:

Габаритные размеры: 4140x1240x2975 мм.

Масса: 3000 кг

Производительность: 1 т/ч

Мощность электродвигателя: 7,5 кВт



*Рисунок 2 - Блок сушильный: 1, 2, 3 – сушильные секции, 4 – рама, 5 – шнек, 6 – корпус, 7 – патрубок загрузки, 8 – патрубок выгрузки, 9 – смотровой люк, 10 – вытяжной коллектор, 11 – коллектор паропровода, 12 – коллектор конденсатный, 13 – электродвигатель, 14 – редуктор, 15 – клиноременная передача, 16 – цепь, 17 – груз, 18 – устройство натяжения цепи, 19 – защитный кожух*

## 2. Структурная схема системы автоматизации

Рассмотрим структурную схему САУ (рисунок 3). В данной схеме показано, что питание частотного преобразователя трёхфазное переменное напряжение 380В, а питание блока питания, регулятора температуры ТРМ и программируемого реле ПР200 - однофазное переменное напряжение 220В. Блок питания служит для питания панели оператора (постоянное напряжение 24В) и кнопок. На ПР200 приходят сигналы от кнопок вперед/пуск и назад/стоп. В случае аварии загорается лампа “Авария”, которая подключена к ПР200. Также ПР200 подаёт сигналы с кнопок на дискретные входы ПЧ. К ПЧ подключен привод (питание трёхфазное переменное напряжение). К аналоговым входам ТРМ подключены термопары с унифицированным сигналом 4...20мА для установления необходимой температуры в трубах сушильного блока. К дискретным выходам ТРМ подключены твердотельные реле для коммутации больших токов (30А), к которым подключены нагреватели. Обратная связь нагревателей осуществляется при помощи датчиков тока (трансформаторы тока + 3-х канальный амперметр), которые по RS-485 подключены к ПР200. “Master”-устройством в данной САУ

является ПР200, а “Slave”-устройствами являются ПЧ, панель оператора, ТРМ и датчики тока (подключенные по RS-485). Панель оператора служит для задания температуры нагрева и времени.

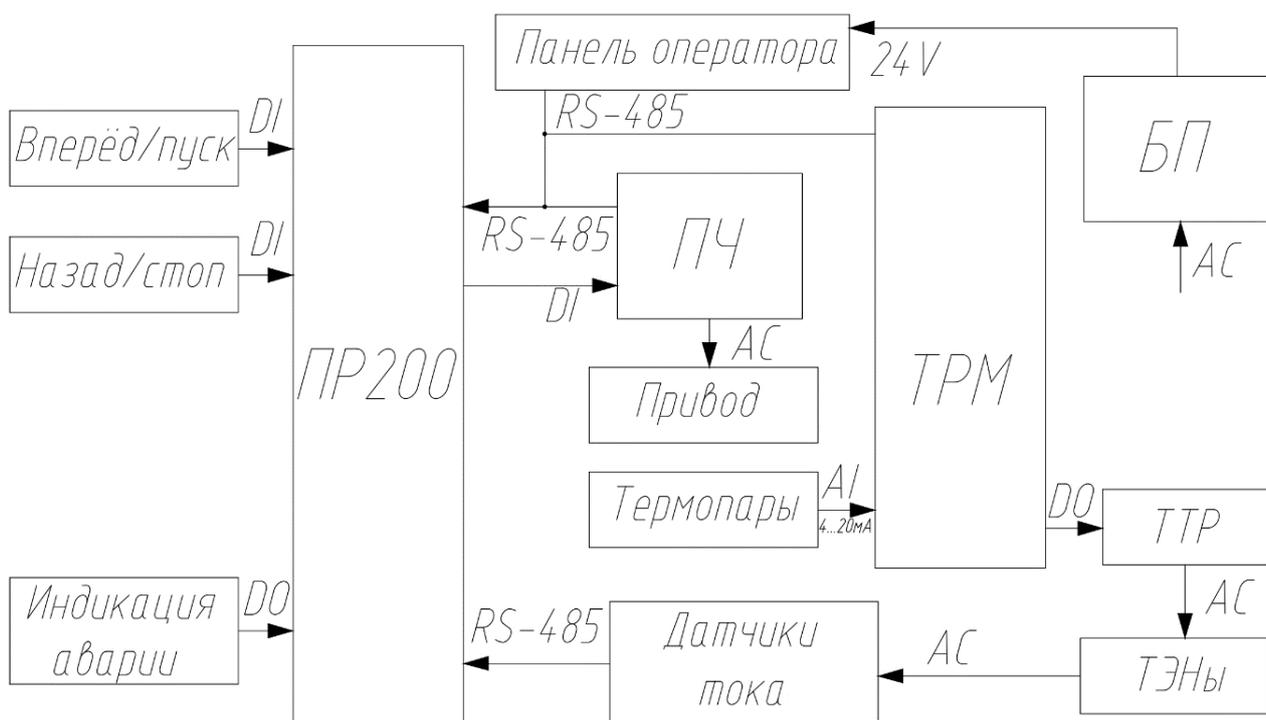


Рисунок 3 - Структурная схема системы автоматизации

### Список литературы

1. Физико-химическая очистка сточных вод [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://agro.marimmz.ru/> – Дата доступа 03.11.2023.
2. Кузьменко Н.В. Автоматизация технологических процессов и производств: уч. пособие / Н.В. Кузьменко. – Ангарск : АГТА, 2005. – 78 с.
3. Федоров Ю. Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка [Текст] : учеб.-практ. пособие / Ю. Н. Федоров, 2008. - 926 с.

**ЭЛЕКТРОННЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ТЕХНОЛОГИИ В НАУЧНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ  
РАЗРАБОТКАХ**

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ (СКУД)

*Г. А. Беззубик, Я. В. Драчев*

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно*

*Научный руководитель: А. М. Кадан, канд.техн.наук, доцент*

Системы контроля и управления доступом (СКУД) является разновидностью систем биометрической идентификации. Современные системы биометрической идентификации — это системы, которые используют уникальные физические или поведенческие характеристики человека для подтверждения его личности. Такие системы могут обеспечивать высокий уровень безопасности и удобства для пользователей, так как они не требуют запоминания паролей, кодов или других секретных данных.

Задача оптимизации бизнес-процессов университета и проблема минимизации количества инцидентов, связанных с использованием систем СКУД, актуальна применительно к работе ГрГУ им.Янки Купалы, который располагает электронными проходными в двух учебных корпусах. В частности, согласно документу «Правила внутреннего распорядка для обучающихся учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» (действует с 01.12.2021), Глава 3. Основные права и социальные гарантии обучающихся, п.39.11 - студенты обязаны «соблюдать действующий в Университете пропускной режим, в том числе электронный с использованием системы контроля и учета доступа. Данные СКУД используются Университетом с целью контроля над дисциплиной и являются доказательствами нарушения внутреннего распорядка» [1].

С 2020/2021 учебного года на базе гродненского Государственного университета имени Янки Купалы развернута система контроля и управления доступом от компании RusGuard [2]. Эта система призвана повысить безопасность и эффективность доступа в учебные корпуса сотрудников и студентов университета, а также предотвратить доступ нежелательных лиц. Её основное предназначение заключается в обеспечении контроля за перемещением студентов и сотрудников университета через периметр учебного заведения, предоставляя доступ только авторизованным лицам. Доступ в университет осуществляется через электронную проходную с турникетами, идентификатором для которых являются биометрические данные, в частности маска лица, или удостоверение личности, такое как электронный студенческий билет или электронный пропуск сотрудника.

СКУД собирает данные о каждом проходе на проходной. Каждая запись, собираемая данной системой, содержит информацию о лице, прошедшем через проходную, дате прохода, направления прохода (вход или выход) и способ прохода (по лицу или по карте) (см. рис.1). Однако в процессе обработки и сбора этой информации возникают внештатные ситуации (инциденты).

Природа этих инцидентов связана как с работой самой системы, так и с поведением персонала (см.рис.1).

Отчёт "Системные события"										
Электронная справка по отчёту										
Дата создания отчёта 17.04.2023										
период с 03.04.2023 00:00:00 по 16.04.2023 00:00:00										
Время	Тип события	Имя устройства	ФИО сотрудника	Должность	Группа	Табельный номер	Марка ТС	Регистрационный номер ТС	Событие	Детали
03.04.2023 07:58:15	Информация	Ожешко Турникет №3	КУМАКОВ ЭЛДОР НОРМУРОД УГЛИ	СДЛ-ПМ-202	Факультет математики и информатики	158801			Вход по лицу	По ключу Номер ключа 4226822203 (0x0000FBF03038); Лицо распознано
03.04.2023 07:58:23	Информация	Ожешко Турникет №1	КРУПОВИЧ ВЛАДИСЛАВ ВАЛЕРЬЕВИЧ	СДЛ-ИИ-201	Факультет математики и информатики	157150			Вход по лицу	По ключу Номер ключа 4117430923 (0x0000F56B028B); Лицо распознано
03.04.2023 07:58:46	Информация	Ожешко Турникет №1	ПРОКОПЧИК МАКСИМ ОЛЕГОВИЧ	СДЛ-ИИ-211	Факультет математики и информатики	162533			Вход по лицу	По ключу Номер ключа 3933021509 (0x0000E42D2545); Лицо распознано
03.04.2023 08:02:43	Информация	Ожешко Турникет №1	ДАНИЛЬЧИК ДАНИЛА ДМИТРИЕВИЧ	СДЛ-ПОИТ-202	Факультет математики и информатики	157011			Вход по лицу	По ключу Номер ключа 4117429131 (0x0000F56AF8B8); Лицо распознано

Рисунок 1 – Пример сырых данных СКУД.

По виду отображения в выходных данных СКУД Можно выделить следующие типы инцидентов:

- две идущие подряд одинаковые операции;
- в течение дня есть вход, но выхода не было;
- в течение дня есть выход, но нет входа.

В связи с наличием таких инцидентов возникает задача по минимизации их количества с целью увеличения эффективности работы СКУД. В качестве возможных решений можно повысить процент совпадения лица в базе и у проходящего проверку человека или запретить повторный проход, однако эти решения не являются оптимальными так как они замедляют время обработки, что приводит к возникновению больших очередей у турникетов, что недопустимо.

Для решение этой проблемы разрабатывается дополнительное программное обеспечение, схема которого представлена на рис.2. На вход программе подаются данные СКУД в виде Excel таблицы. Для дальнейшей работы эти первичные данные преобразуются и переносятся в базу данных. Так как основным источником инцидентов являются студенты, то все данные к ним не относящиеся отфильтровываются.

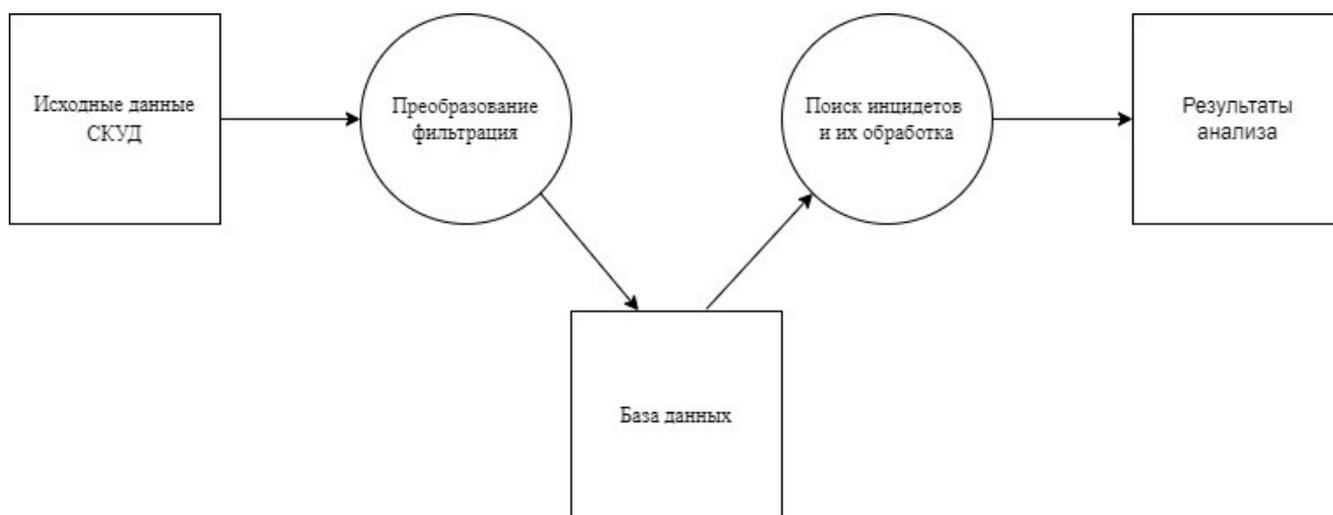


Рисунок 2 – Схема работы дополнительного программного обеспечения

В работе, для анализа и представления полученных результатов использованы средства приложения MS Excel пакета MS Office (программное обеспечение разработано на языке VBA). Также наряду с традиционными средствами хранения и анализу данных, были эффективно использованы графовые базы данных. Графовые СУБД используют графовую модель для описания и манипуляции данными в базе данных. Они относятся к классу NoSQL, которое объединяет множество различных подходов к моделированию данных, отрицающих реляционную модель данных. В рамках проекта была использована одна из популярных графовых СУБД - Neo4j, имеющая оригинальный декларативный язык запросов Cypher [3].

Отфильтрованные и отсортированные данные заносятся в базу данных SQLite. Для дальнейшей обработки и анализа были разработаны специализированные алгоритмы. Перечень задач, решаемых данными алгоритмами, включает поиск инцидентов, анализ их распределение на временной шкале, а также сбор другой статистики. Однако основной задачей является поиск студентов, количество инцидентов с которыми превышает среднее количество или студентов в основном, пользующихся картой при проходе через турникет. Причиной такого поведения является некорректное распознавание лица человека.

Созданный список студентов передается в отдел по обеспечению информационной безопасности для принятия дальнейших действий таких как повторный сбор биометрических данных студентов, вошедших в список.

В заключение надо отметить, что использование данных электронной проходной СКУД позволило получить достаточно полную картину о характере трудовой дисциплины персонала и студентов, положительно отразилось на учебной дисциплине студентов, позволило оптимизировать некоторые бизнес-процессы факультетов и приступить к их цифровой трансформации.

### Список литературы

1. Правила внутреннего распорядка для обучающихся учреждения образования «Гродненский государственный университет имени Янки Купалы» (действует с 01.12.2021) [Электронный ресурс] / Интранет ГрГУ. - Режим доступа: [https://intra.grsu.by/task/download/31604\\_0.pdf](https://intra.grsu.by/task/download/31604_0.pdf). – Дата доступа: 15.11.2023.

2. Компания RusGuard. Отраслевые решения. Учреждения образования [Электронный ресурс] / Решения по СКУД. - Режим доступа: <https://www.rgsec.ru/solutions/cases/school>. – Дата доступа: 15.11.2023.

3. Neo4j Graph Database [Электронный ресурс] / Neo4j Graph Database & Analytics | Graph Database Management System. - Режим доступа: <https://neo4j.com/product/neo4j-graph-database/>. – Дата доступа: 15.11.2023.

## **АВТОМАТИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ АНАЛИЗА РЫНКА ТРУДА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ В POWER BI**

*М. А. Белый*

*Белорусский государственный университет, Минск*

*Научный руководитель: Е. В. Кремень, кандидат физ.-мат. наук, доцент*

В современном мире использование Microsoft Power BI предоставляет широкий спектр возможностей для работы с анализом и визуализацией данных различного типа и различного объема. Power BI — это унифицированная и масштабируемая платформа для самостоятельной и корпоративной аналитики. Ввиду огромного объема данных, получаемых в ходе различных исследований, использование такого инструмента решает проблемы предоставления качественной, сжатой информации в различных разрезах и сопоставлениях [1]. Данная платформа применима к научным исследованиям, проводимых в области формирования показателей, являющихся важными для рынка труда Республики Беларусь. К ним можно отнести следующее: трудоспособное население в трудоспособном возрасте, численность занятого населения, численность трудовых ресурсов, списочную численность работников, общую дополнительную потребность, потребности, связанные с теми или иными факторами, и т.д.

Данная работа посвящена автоматизации анализа большого объема данных рынка труда Республики Беларусь с использованием возможностей Power BI. Для решения поставленных задач требовалось изучить состояние рынка труда Республики Беларусь, проанализировать его на основе имеющейся информации. Данные были сгенерированы по примеру данных, полученных из учреждения Научно-исследовательского института труда Министерства труда и социальной защиты Республики Беларусь с сохранением структуры и некоторой пропорциональности. Учреждение ежегодно проводит исследования о текущей, актуальной ситуации на рынке труда Республики Беларусь [2-3]. Данные хранятся в виде файлов формата «.xlsx». Файлы категоризованы относительно показателей, которые они представляют. Ввиду большого количества показателей, характеризующих рынок труда, были отобраны лишь данные по списочной численности работников, по потребностям экономики в кадрах: в общем, по естественно-возрастным причинам и по причине создания рабочих мест, совокупная потребность.

Сложность ручного анализа обусловлен огромным количеством данных и в дополнении к этому множество связей и подкатегория. Также можно сказать, что была проблема в детализации каждого файла, а именно не соответствие количества столбцов и строк файлов между собой. Ввиду этого потребовалось привести данные к удобному виду для анализа, то есть очистить от лишних данных, которые не представляли какую-то либо ценность. Также требовалось построить

данные таким образом, чтобы каждый файл имел единообразный вид. После данных операций, данные были извлечены и проанализированы посредством Microsoft Power BI и языка DAX.

Данные прошли проверку на корректность посредством валидации итоговых сумм по категориям профессий и должностей работников согласно Общегосударственному классификатору Республики Беларусь ОКРБ 014-2017 «Занятия». Данные суммы, указанные в файле, были пересчитаны с использованием возможностей Microsoft Power BI и языка DAX. Были найдены некоторые несоответствия, которые в дальнейшем были устранены и внедрены при дальнейшем построении анализа.

Были получены визуализации по имеющимся данным, которые могут описывать текущее состояние рынка труда Республики Беларусь по отобранным показателям.

Одним из результатов данной работы был разработанный автоматизированный анализ рынка труда Республики Беларусь в различных разрезах: в контексте областей и г. Минска, видов экономической деятельности.

В данной работе была показана эффективность использования различных средств визуализации для анализа и отображения информации на примере данных, относящихся к анализу рынка труда Республики Беларусь.

### **Список литературы**

1. Ferrari, A., Russo, M. *Introducing Microsoft Power BI* / Ferrari, A., Russo, M. – Redmond, Washington: Microsoft Press, 2016. – 386 p.

2. Разработать научно обоснованные предложения по прогнозу потребности экономики в кадрах по профессионально-квалификационным группам на 2022-2026 гг. (заключ.); рук. темы Т. Б. Петрович/ Науч.-исслед. ин-т труда. – Минск, 2021.

3. Разработать научно обоснованные предложения по балансу трудовых ресурсов на 2022-2026 гг. (заключ.); рук. темы М. П. Пилуй / Науч.-исслед. ин-т труда. – Минск, 2021.

## СОЗДАНИЕ ВИДЕОКОНТЕНТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

*А. Ю. Богачёва, И. М. Салей*

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно*

*Научный руководитель: А. М. Кадан, канд.техн.наук, доцент*

Фейковый видеоконтент, использующий аватары известных персон, до недавнего времени рассматривался почти исключительно с позиции нарушения требований информационной безопасности. Положение изменилось в последние годы, в связи запуском ряда образовательных проектов, реализация которых потребует создания, кроме прочего, подготовку современных учебных материалов, практикумов и видеолекций. В настоящее время многие страны по всему миру проводят государственные программы по цифровизации образования и созданию современного образовательного контента. Программы, такие как "Цифровая школа" в России, "Образование 2030" в Канаде, "Единство цифрового образования" в США, "Digital India" в Индии, "e-Estonia" в Эстонии и "Smart Education 4.0" в Южной Корее - лишь некоторые из ярких примеров таких инициатив.

Важно отметить, что и в Республике Беларусь была принята государственная программа "Цифровое развитие Беларуси" на период с 2021 по 2025 годы. Одной из ее ключевых задач является создание информационно-образовательного пространства, способного формировать личности, адаптированные к жизни в информационном обществе. В рамках этой программы разрабатывается проект "Электронное образование".

Создание качественного образовательного контента является одной из ключевых задач, которой мы посвятили нашу работу. Мы исследовали различные методы генерации текста и видео с использованием систем искусственного интеллекта. Наша цель заключалась в разработке и генерации образовательных ресурсов, таких как видеолекции, чтобы обучение в университете стало более понятным и удобным.

Разумеется, создавать качественные видеолекции можно и не используя нейронные сети, но даже если представить, что у вас есть опытный преподаватель, который собирается готовить видеолекции, перед ним могут возникнуть следующие трудности:

1. Недостаток опыта: если преподаватель не имеет опыта создания видеолекций, ему может потребоваться время, чтобы освоить необходимые навыки и научиться использовать необходимое оборудование и программное обеспечение.

2. Недостаток оборудования: для создания качественных видеолекций необходимо иметь достаточно современное оборудование, такое как камера высокого разрешения, микрофон, подходящее программное обеспечение и т.д. Если же необходимого оборудования нет, может потребоваться дополнительное время и ресурсы для его приобретения.

3. Недостаток времени: Создание качественных видеолекций требует много времени и труда. Преподаватель может столкнуться со сложностями в планировании времени для записи и монтажа видеолекций, особенно если у него есть другие обязательства, такие как преподавание других курсов или проведение исследований.

4. Необходимость подготовки материалов: перед записью видеолекций необходимо подготовить необходимый материал, такой как презентации, схемы, диаграммы и т.д. Если преподаватель не имеет готовых материалов, ему может потребоваться дополнительное и не малое время для их создания.

5. Сложности с коммуникацией и обратной связью: видеолекции являются односторонним способом коммуникации, который не предоставляют возможности студентам задавать вопросы и получать обратную связь от преподавателя, поэтому преподаватель может столкнуться со сложностями в создании интересного и понятного контента, который будет привлекать и удерживать внимание студентов.

Становится очевидно, что создание качественных видеолекций может быть сложным и требует от преподавателя дополнительных усилий и наличия специального оборудования.

Для решения этих проблем мы обратились к системам на основе нейросетей, которые могут использоваться для генерации видеоконтента. Примерами таких систем являются Content Authenticity Initiative (CAI) от Adobe, MOOCshop от Stanford University, IBM Watson Studio, VideoKen и Vyond (ранее GoAnimate). Каждая из этих систем предлагает свои уникальные возможности и может быть использована для создания образовательного видеоконтента.

Тем не менее, следует отметить, что некоторые из этих систем требуют определенного уровня технической подготовки для использования. Если у вас есть опыт работы с нейросетями и машинным обучением, вы можете рассмотреть их как возможный вариант для создания образовательного видеоконтента.

Для генерации текста мы использовали нейросеть ChatGPT. ChatGPT – это чат-бот, который обучен на огромных массивах данных, поэтому способен самостоятельно анализировать полученные запросы от пользователей и отвечать на них. Он основан на технологии трансформера, позволяющей ему запоминать и использовать предыдущие входные данные. Именно благодаря этому ChatGPT может генерировать тексты, напоминающие естественный диалог. Более того, он работает без заранее прописанного сценария и контроля со стороны человека. С ее помощью мы получили возможность создавать качественные фейковые тексты на различные темы, разной длины, которые звучат естественно и уместно. Сгенерированный текст был дополнительно отредактирован для повышения качества и соответствия требованиям.

Для создания "говорящих аватаров" мы использовали онлайн-сервис D-ID. Этот сервис позволяет создавать генеративные аватары, которые могут читать заданный текст выбранным голосом. Бесплатная версия данного сервиса позволяет делать до 15 видеозаписей в месяц, выполняет преобразование изображений и текста в видео, синтезирует голос на более чем 100 языках, дает возможность

использовать встроенные аватары или загружать свои собственные. Сервис D-ID достаточно удобен в случае, если автор видеолекции испытывает какие-либо сложности технического или психологического характера при ведении монолога на камеру. Его использование весьма существенно упрощает создание видео с участием людей. Созданные аватары были интегрированы в видеолекции с помощью монтажа. Благодаря этому подходу студенты могут лучше усваивать материал, так как виртуальный преподаватель способен лучше визуализировать информацию и делать ее более доступной.

Ход создания видеолекции был поделен на 3 этапа. В первую очередь, при помощи ChatGPT был сгенерирован текст, который необходимо было озвучить. Для этого был использован онлайн-сервис D-ID. Один из доступных в бесплатной версии мужских аватаров озвучил текст и, помимо только голоса, мы получили видео с мужчиной, который естественно жестикулирует и создает впечатление настоящего преподавателя (см.рис.1). Заключительным этапом стало объединение озвученного текста с уже готовой презентацией (см.рис.2). Для этого может быть использована любая программа видеомонтажа, в том числе и бесплатные.



Рис.1. Пример аватара

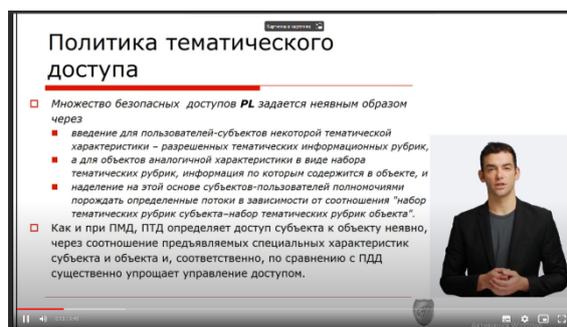


Рис.2. Пример видеоконтента

Разработанный подход к созданию видеолекций может быть использован в образовательных учреждениях для создания качественного контента. Тем не менее, такие видеолекции не заменяют полноценного взаимодействия с преподавателем и несут некоторые ограничения, особенно в обратной связи и возможности задавать вопросы. Поэтому рекомендуется использовать их в сочетании с другими формами обучения, такими как лекции в присутствии преподавателя, обсуждения, практические занятия и т.д.

Цифровизация в сфере образования является неотъемлемой частью современного общества. Создание качественного образовательного контента, включая видеолекции, требует особых усилий и ресурсов от преподавателей. Применение систем искусственного интеллекта, таких как нейросети и говорящие аватары, может быть полезным инструментом для создания качественного обучающего контента, однако необходимо учитывать их ограничения и использовать их в сочетании с другими методами преподавания.

## РАЗРАБОТКА WEB-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕМ СИСТЕМ УЧЕТА АБОНЕНТОВ В ЕРИП

*Э. М. Бут-Гусаим*

*БрГУ имени А.С. Пушкина, Брест*

*Научный руководитель: О.В. Белемук*

Микропредприятия и индивидуальные предприниматели, оказывающие образовательные услуги физическим лицам (организация тренировочного процесса, услуги репетитора по учебным предметам, обучение игре на музыкальных инструментах и прочее), в том числе несовершеннолетним, независимо от того, оказывается ли услуга индивидуально или в составе учебной группы, должны решать задачу организации платежей со стороны получателя услуги (абонента). Оплата услуг может осуществляться путём внесения наличных средств или безналичных платежей.

Законодательство РБ при приёме наличных денежных средств от плательщиков физических лиц требует установки сертифицированных кассовых аппаратов, передающих информацию о платежах в структуры Министерства по налогам и сборам, что увеличивает финансовую нагрузку на представителей малого и среднего бизнеса, в связи с чем предприниматели, оказывающие образовательные услуги, выбирают одну из форм безналичной оплаты за услуги: перевод на расчетный счёт либо эквайринг.

Перевод на расчетный счет осуществляется через интернет-банкинг или системы мобильного банкинга в разделе «Произвольный платёж по реквизитам», такой платёж неудобен для клиентов физических лиц, так как приходится вводить большое количество данных: название, номер счета, УНП, назначение платежа, и, кроме того, банк снимает дополнительно денежные средства (комиссию) за осуществление операции.

Наиболее удобной системой безналичных расчетов в нашей стране является АИС «Расчет» – информационная система единого расчетного и информационного пространства (ЕРИП), которая является одной из форм эквайринга. Возможно, единственным недостатком в этой системе можно считать автоматическую уплату определенного процента от осуществляемого платежа со стороны предпринимателя в пользу организации-провайдера ЕРИП. Наиболее выгодной формой взаимодействия с системой платежей для предпринимателей, оказывающих образовательные услуги, является самостоятельное подключение в режиме обмена электронными сообщениями (off-line). В этом случае от предпринимателя не требуется поддержания постоянного подключения к Интернет, а соединение с АИС «Расчет» происходит по запросу (время от времени). На данный момент услуги по подключению и взаимодействию с FTP- сервером системы ЕРИП осуществляют ряд компаний: ЗАО «Банковско-финансовая телесеть», УП «А1», СООО «Мобильные ТелеСистемы» и ООО «Деловая сеть» [1]. Например, услуги ЗАО «Банковско-финансовая телесеть» включают разовые расходы

в сумме 11,75 BYN с НДС за подключение к системе «Расчет» и ежемесячные – в сумме 12,50 BYN с НДС за организацию доступа к FTP- серверу ЕРИП [2].

Следующим шагом в улучшении системы контроля оплат со стороны получателя услуги и контроля за оказанием услуги является создание информационной системы, которая включает личный кабинет пользователя, где можно отследить задолженность по счету, производимые оплаты, посещение занятий. Со стороны предпринимателя система учёта абонентов должна содержать информацию о видах оказываемых услуг и их тарифах, журнал учёта посещений занятий каждым физлицом с выданным ему личным счётом плательщика услуги, отражённым в договоре на оказание услуг, учёт оплат, произведенных физлицами, расчёт задолженности. На основании вышеперечисленных данных к АИС «Расчет» формируются запросы в виде списка требований к оплате (сообщение 202), а также формируется запрос на получение данных о совершенных и оплаченных платежах (сообщение 206 и 210) [3].

При выборе формы реализации системы учёта абонентов (получателей услуги) учитывалась возможность использовать её на любом устройстве с выходом в Интернет (ПК, планшет, смартфон) без привязки к используемой на устройстве операционной системе, поэтому система реализовывалась как многостраничное веб-приложение (Multi Page Application, MPA) с реализацией личного кабинета пользователя в виде одностраничного веб-приложения (англ. Single Page Application, SPA)[4]. Разработка осуществлялась с использованием платформы Node.js.

Внедрение автоматизированных систем, включающих личный кабинет пользователя, связано, в том числе, с ростом конкуренции среди предпринимателей, оказывающих образовательные услуги. Естественным развитием автоматизированной системы учета и контроля платежей для одного предприятия является создание платформы, которая предусматривает авторизацию для различных производителей образовательных услуг.

### Список литературы

1. Подключение off-line [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://raschet.by/biznesu/ais-raschet/podklyuchenie-off-line/>. – Дата доступа: 20.11.2023.

2. Подключение к АИС Расчет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bfn.by/podklyuchenie-k-ais-raschet/>. – Дата доступа: 20.11.2023.

3. Протокол обмена данными между производителем услуг и АИС «Расчет» в режиме off-line [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://raschet.by/upload/iblock/204/kuis-01610\\_01-90-02-protokol-obmena-dannymi-mezhdu-pu-i-ais-raschet-v-rezhime-off\\_line-\\_2021\\_02\\_08\\_.pdf](https://raschet.by/upload/iblock/204/kuis-01610_01-90-02-protokol-obmena-dannymi-mezhdu-pu-i-ais-raschet-v-rezhime-off_line-_2021_02_08_.pdf). – Дата доступа: 20.11.2023.

4. Спиридонова, К. Разработка веб-приложений: основные этапы [Электронный ресурс] / К. Спиридонова. – Режим доступа: <https://www.purrweb.com/ru/blog/kak-sozdat-veb-prilozhenie/>. – Дата доступа: 20.11.2023.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ В POWER BI

*А. А. Глод  
БГУ, Минск*

*Научный руководитель: Ю. А. Кремень, кандидат физ.-мат. наук, доцент*

Многие организации сталкиваются с проблемой накопления данных и необходимостью проводить регулярную аналитическую работу для оценки качества осуществляемой деятельности и ее оптимизирования. Это могут быть как бизнес-организации, так и государственные структуры. В том числе такие задачи ставятся перед органами и подразделениями по чрезвычайным ситуациям. Накопление и систематизация информации требуют особого внимания, а регулярная аналитическая работа становится ключевым инструментом для оценки эффективности принимаемых мер, достижения стратегических целей и выявления уязвимых точек в системе реагирования.

Мы создали систему аналитической отчетности в Power BI, которая выполняет задачи частного анализа оперативной обстановки для одного из горрайотделов по чрезвычайным ситуациям. Для этого мы:

- 1) Собрали данные.
- 2) Произвели их очистку и трансформацию для импорта в модель данных Power BI.
- 3) Сформировали модели данных.
- 4) Произвели добавление и формирование новых данных.
- 5) Построили необходимые меры.
- 6) Выполнили визуализацию, построили отчеты и дашборды.
- 7) Провели анализ результатов.

В ходе анализа было проведено сравнение количества пожаров по годам, дням недели, городской и сельской местности (город, ЖЭС, район, сельисполкомы), выявлены зоны с наиболее частым возникновением пожаров и просмотрена их динамика по годам. Проведено сравнение количества объектов возгорания по типам («жилые дома», «постройки», «транспорт», «объекты строительства», «объекты недвижимого имущества», «склады», «сельскохозяйственные поля» и т.д.). Выявлены наиболее частые причины возникновения пожаров, подсчитано среднее время реагирования от поступления сообщения до времени прибытия на место. Подсчитаны материальный ущерб, случаи умышленного поджога и возникновения пожара вследствие нарушения инструкций по охране труда в сравнении с остальными случаями. Подсчитан удельный вес погибших от опасных факторов пожара, в т.ч. проведено сравнение по годам, дням недели, местности, причинам, социальному положению. Сформулированы условия и факторы, повлиявшие на гибель людей, сформирован социальный портрет погибших. И другие шаги для ответа на поставленные вопросы.

Таким образом, разработанная система является инструментом для регулярного анализа с помощью автоматического создания отчетов (при добавлении новых данных за следующий отчетный период весь отчет будет автоматически обновляться), что позволяет оптимизировать деятельность по обеспечению безопасности жизнедеятельности и осуществлять профилактическую деятельность по предупреждению чрезвычайных ситуаций.

### Список литературы

1. Мерчант, Б. Power BI: передовые методы оптимизации / Б. Мерчант – М.: ДМК Пресс, 2023. – 282 с.

УДК 004.93

## РЕАЛИЗАЦИЯ ЗАГРУЗКИ УЧЕТНЫХ ДОКУМЕНТОВ В ИНФОРМАЦИОННУЮ БАЗУ 1С

*А. А. Дубяга, И. Н. Аверина*

*Брестский государственный технический университет, г. Брест*

Ручной ввод входящих бумажных документов в любую учетную информационную систему является весьма кропотливым и времязатратным занятием. Одним из современных решений данной задачи является оцифровка содержимого документа и последующая обработка полученного изображения с использованием облачных сервисов, основанных на технологии оптического распознавания символов (OCR – англ. Optical Character Recognition).

Технология OCR представляет собой процесс распознавания текста на изображении. В общем случае алгоритм обработки изображения выглядит следующим образом (рис. 1):

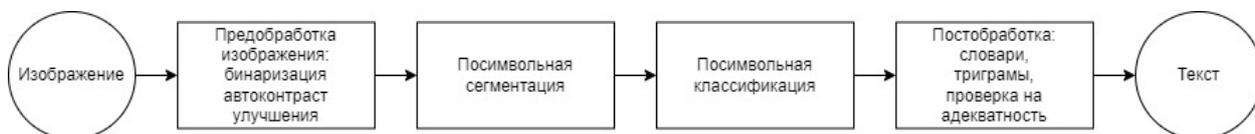


Рисунок 1 – Алгоритм обработки изображения OCR

Технология OCR стремительно развивается, работающие на ее основе сервисы разрабатываются не только для ПК, но и для мобильных устройств. Для распознавания текста на изображениях, полученных на камеру смартфона, требуются новые алгоритмы и постоянное внесение изменений в уже существующие. Возникает такая необходимость из-за ошибок в подходах к сегментации и ограниченных вычислительных мощностях различных смартфонов.

При обработке первичных учетных документов помимо распознавания текста параллельно встает задача его последующей автоматической загрузки в информационную базу данных. Для учетных систем, которые строятся на платформе

«1С: Предприятие», в настоящее время наиболее популярными сервисами, решающими проблему переноса первичных документов в самые популярные конфигурации 1С, являются:

- web-решение «1С: Распознавание первичных документов» фирмы 1С;
- облачный сервис «Entera» от одноименного разработчика;
- специализированная обработка «Fasta» от компании EFSOL.

Рассмотрим особенности использования каждого сервиса.

**Сервис «1С: Распознавание первичных документов»** напрямую интегрируется в программные продукты 1С. После внесения изменений в настройку конфигурации, обращение к сервису будет добавлено отдельным пунктом в главное меню. Взаимодействие с сервисом крайне простое и выполняется в три этапа:

I. Фотографируют или сканируют имеющуюся бумажную версию документа. При этом для сканирования бумажных документов у фирмы 1С тоже есть свое мобильное приложение «1С: Сканер документов», которое доступно для скачивания в App Store и Play Market. Сервис поддерживает сканы документов в форматах png, pdf, bmp, jpeg, tiff; цифровые документы Word и Excel, а так же архивы RAR, ZIP и 7z. Загружают документ в сервис командой «Добавить файлы» и отправляют в сервис на распознавание командой «Распознать». Ожидают окончания процесса распознавания документов. На скорость обработки влияют такие факторы, как: количество документов, размер документов, качество изображений. Сервис имеет поддержку потоковой загрузки и групповой обработки, соответственно позволяет работать с большими объемами документов одновременно.

II. В результате процесса распознавания получают прототип 1С-документа, который нужно отредактировать или изменить, если документ распознан не идеально. В процесс проверки входит сопоставление различных полей для автоматического создания документа в программе 1С. При этом есть возможность добавления в связанные с документом справочники не существующих там ранее записей, например, наименования новых контрагентов или наименований номенклатуры при загрузке отсканированной накладной. Следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев система рассматривает каждый документ как нетиповой, так как мало что знает про документ на старте. Система распознавания по различным полям устанавливает тип документа, по разным расчетным формулам убеждается в корректности определении поля и проводит множество других необходимых проверок.

III. После проверки и необходимой корректировки записывают документ в базу 1С командой «Создать документ» с указанием нужного типа для нового документа. Исходное изображение при этом будет прикрепленным файлом к этому документу.

Для работы с сервисом «1С: Распознавание первичных документов» пользователю предложено большое количество тарифных планов, средняя стоимость – 0,1465 белорусских рублей за страницу [1]. Следует отметить, что сервис работает с лицензионными приложениями 1С, которые находятся на официальной поддержке фирмы 1С.

«**Entera**» – это альтернативное решение российской фирмы «Entera» представляет собой еще один популярный сервис для оптической обработки документов и парсинга полученных данных.

Приложение «Entera» доступно в браузере, а также имеет возможность интегрирования в систему 1С через обработку, которая скачивается в виде файла на компьютер и запускается в разделе «Дополнительные отчеты и обработки». Документы можно загружать через сканер или файлами в тех же форматах, что и у «1С: Распознавание первичных документов».

Сервис «Entera» выполняет загрузку документов на распознавание и получение готовых данных для создания документов в учетных системах, а также обеспечивает хранение и доступ к документам всем пользователям, имеющих доступ к конкретному личному кабинету.

При этом функция загрузки документов на распознавание реализована в сервисе «Entera» следующими способами:

- загрузка документов через личный кабинет на сайте;
- загрузка с помощью внешней обработки непосредственно в 1С;
- загрузка с помощью пересылки писем на электронную почту

Свое собственное мобильное приложение для сканирования документов у сервиса «Entera» отсутствует. Есть только мобильная версия сайта.

Пользователю сервиса «Entera» предложено большое количество тарифных планов, средняя стоимость – 0,0523 белорусских рубля за страницу [2].

«**Fasta: автоматизация ввода первички**» в разработке компании EFSOL – это одно из наиболее старых решений, долгое время существующее на рынке, благодаря чему имеет достаточно большую базу клиентов.

Запуск программы «Fasta» выполняется также с помощью файла-обработки 1С, по принципу, описанному ранее.

Для распознавания сервис использует платформу ABBYY FlexiCapture, достаточно популярное и известное в мире решение оптического распознавания текста. Сервис «Fasta» поддерживает все форматы файлов, обработку которых предлагают аналогичные решения. Функциональность во многом схожа с рассмотренными до этого сервисами.

Главной проблемой, из-за которой «Fasta» выглядит не так привлекательно, как сервисы, описанные выше, является то, что сервис работает на основе шаблонов документов, в то время, как рассмотренные нами решения могут рассматривать каждый документ как нетиповой. Если система по распознанным полям и их расположению не сможет определить шаблон документа, то придется занести документ вручную. В это же время сервисы «1С: Распознавание первичных документов» и «Entera» уже имеют алгоритмы, которые позволяют установить тип документа, даже если поля находятся в не совсем привычных расположениях, что зачастую бывает, например, при работе с Excel документами. Поэтому сервис «Fasta» стоит рассматривать в случае, если планируется работать с определенными шаблонами документов. Так же стоит отметить, что одновременная обработка ограничена 10 документами.

Пользователю разработчики «Fasta» предлагают также большое количество тарифных планов, средняя стоимость – 0,1569 белорусских рублей за страницу, при этом необходимо оформить лицензию за пользование 418.45 белорусских рублей в год [3].

Приведенный обзор популярных сервисов загрузки учетных документов в информационную базу 1С на основе изучения их функциональности позволил провести сравнительный анализ основных характеристик сервисов и обобщить преимущества и недостатки их использования. Результаты сравнительного анализа представлены в таблице 1.

**Таблица 1. Анализ сервисов загрузки документов в информационную базу 1С**

	<b>1С: Распознавание первичных документов</b>	<b>Entera</b>	<b>Fasta</b>
Интеграция с 1С	в главном меню 1С	1С-обработкой	1С-обработкой
Точность распознавания	высокая	высокая	средняя
Потоковая загрузка	да	да	да, ненадежно
Большое количество распознаваемых типов документов	✓	✓	–
Наличие мобильного приложения	✓	–	–
Стоимость за обработку 1 страницы	0,1465 бел. руб.	0,0523 бел. руб.	0.1569 бел. руб. + 418,45 бел. руб. в год за лицензию

Проблема переноса первичных документов с бумаги напрямую в 1С актуальна, множество компаний предлагают свои сервисы, основанные на технологии оптического распознавания символов. Несмотря на высокий процент распознавания, компании продолжают совершенствовать свои подходы и алгоритмы, постоянно улучшая качество распознавания текста.

После прихода на рынок официального сервиса «1С: Распознавание первичных документов», вобравшего в себя все лучшее от уже существовавших сервисов, остальные решения смотрятся не так ярко и надежно, но тоже имеют право на жизнь. «Entera» привлекает своей низкой стоимостью и качеством распознавания на уровне сервиса от 1С. «Fasta», являющаяся «ветераном» рынка в данной сфере, продолжает развиваться, имеет большую базу пользователей и доверие среди них.

### **Список литературы**

1. Официальный сайт сервиса Entera [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://entera.pro/> Дата доступа: 19.11.2023.
2. Официальный сайт сервиса Fasta: автоматический ввод первички [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://efsol.ru/products/document-upload.html> Дата доступа: 19.11.2023.

3. Официальный сайт сервиса «1С: Распознавание первичных документов» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://portal.1c.ru/applications/1C-Documents-Recognition> Дата доступа: 19.11.2023]

4. Статьи рубрики «Первичные документы» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.klerk.ru/rubricator/pervichnye-dokumenty/> Дата доступа: 19.11.2023

УДК 004.4

## **ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ИННОВАЦИИ ДЛЯ СФЕРЫ АРЕНДЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ**

*Е. К. Заневский*

*УО «ГрГУ имени Я. Купалы», Гродно, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: Е. Л. Разова, кандидат философских наук, доцент*

Белорусская экономика может быть подвержена колебаниям, но социальные стандарты остаются важными независимо от ситуации. Строительство новых домов, детских садов, школ и поликлиник требует специализированной техники [1]. В современной сфере строительства, аренда строительной техники становится все более популярным решением, позволяющим снизить затраты организаций и улучшить эффективность работы. Однако, для оптимизации процессов аренды и управления техникой требуется разработка информационных систем (далее ИС). ИС стали неотъемлемой частью сферы аренды строительной техники, улучшая эффективность, надежность и безопасность процессов.

Целью данной статьи является рассмотрение проектирования ИС для сферы аренды строительной техники и исследование их роли в оптимизации процессов аренды и управления техникой, а также обзор последних технологических достижений в области ИС.

Организации, занимающиеся арендой строительной техники, сталкиваются с рядом потребностей и проблем, которые могут быть решены с помощью ИС. Важно изучить эти потребности и проблемы, чтобы определить требования к ИС для улучшения эффективности и безопасности процессов аренды.

Так к основным потребностям и проблемам, с которыми сталкиваются организации аренды строительной техники, можно отнести:

- Управление инвентарем:

Возможность следить за наличием и доступностью техники, контролировать ее состояние, отслеживать сроки аренды и возврата.

- Резервирование и планирование:

Возможность для других субъектов забронировать аренду техники.

- Поддержка клиентов:

Обеспечение высокого уровня обслуживания клиентов, отвечая на их запросы, предоставляя информацию о доступной технике, ценах и условиях аренды, а также решая любые проблемы, которые могут возникнуть в процессе работы с техникой;

Предоставление обратной связи на обращения клиентов.

- Финансовый учет:

Возможность вести учет аренды строительной техники, включая выставление счетов, отслеживание платежей и расчеты с клиентами.

На основе этих потребностей и проблем к ИС для улучшения эффективности и безопасности процессов аренды можно выделить следующие требования:

- Централизованное управление:

ИС должна обеспечивать централизованное управление техникой, бронированием аренды, а также финансовым учетом.

- Автоматизация процессов:

ИС должна позволять автоматизировать процессы аренды и управления техникой, такие как выставление счетов, контроль сроков аренды.

- Интеграция с другими системами:

Система должна иметь возможность интеграции с другими ИС для обеспечения более эффективной работы.

- Аналитика и отчетность:

ИС должна предоставлять возможность сбора и анализа данных о процессах аренды, что предоставит организации возможность принимать основанные на фактах решения для оптимизации своих операций.

- Мобильный доступ:

ИС должна позволять сотрудникам организации и клиентам получать информацию о доступной технике, бронировать её в любое время и в любом месте.

- Безопасность данных:

Система должна обеспечивать надежную защиту данных организации, клиентов и техники, чтобы предотвратить несанкционированный доступ и утечку конфиденциальной информации.

Однако, разработав систему, не стоит и забывать про модернизацию. Дальнейшие инновации в сфере аренды строительной техники могут привести к еще большему повышению эффективности, улучшению услуг и автоматизации процессов управления инвентарем. Все это помогает организациям быть более конкурентоспособными и успешными на рынке аренды строительной техники.

Рассмотрим основные инновации:

1. Использование IoT (интернета вещей) для мониторинга и управления техникой. Это позволит получать в реальном времени данные о состоянии и местоположении оборудования, а также автоматизировать процессы обслуживания и технического обслуживания.

2. Внедрение аналитики данных. Анализ больших объемов данных поможет выявлять тренды, оптимизировать использование техники и предсказывать потребности клиентов. Машинное обучение позволит создавать умные системы планирования и рекомендаций.

3. Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения (МО) [2]. Применение ИИ и машинного обучения может значительно улучшить процессы прогнозирования и принятия решений. Машинное обучение позволит предсказывать спрос на определенные типы оборудования в разных регионах и в разное время года, что позволяет операторам системы оптимизировать состав парка техники.

4. Внедрение автоматизированных систем управления складом и логистики. Это поможет улучшить эффективность дистрибуции техники, сократить время доставки и обеспечить более точное планирование ресурсов.

5. Развитие технологии блокчейн для улучшения прозрачности и безопасности процессов аренды. Блокчейн может использоваться для подтверждения сделок, проверки подлинности оборудования и управления контрактами.

6. Применение виртуальной и дополненной реальности. Эта инновация позволит операторам системы и клиентам взаимодействовать с визуализациями строительной техники, чтобы лучше понять ее характеристики и функциональность. Это может помочь в принятии решений о выборе определенного оборудования и обучении персонала.

Внедрение инноваций поможет сфере аренды строительной техники стать еще более эффективной, гибкой и клиентоориентированной.

**Заключение.** В целом, ИС играют важную роль в сфере аренды строительной техники, обеспечивая эффективное управление, автоматизацию процессов, повышение качества обслуживания клиентов, оптимизацию использования ресурсов, улучшение безопасности и прозрачности. Они помогают компаниям в этой отрасли быть конкурентоспособными, снижать издержки и повышать эффективность своей деятельности.

Инновации в ИС помогают транспортным компаниям справиться с вызовами современной индустрии, повысить эффективность своих операций. Однако, внедрение новых технологий также сопряжено с рисками. Для внедрения этих инноваций необходимо выбрать правильную стратегию, изменить бизнес-процессы и обучить персонал. Компании, которые успешно используют технологические инновации в ИС планирования ресурсов, получают значительное преимущество на рынке.

### Список литературы

1. Сдача в аренду специальной техники: как раскрутить бизнес? // business.by. URL.: <https://business.by/sdacha-v-arendu-speczialnoj-tehniki-kak-raskrutit-biznes/> (дата обращения: 01.11.2023).

2. Тенденции мирового ИТ-рынка // tadviser.ru. URL.: [https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A2%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8\\_%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE\\_%D0%98%D0%A2-%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BA%D0%B0](https://www.tadviser.ru/index.php/%D0%A1%D1%82%D0%B0%D1%82%D1%8C%D1%8F:%D0%A2%D0%B5%D0%BD%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D1%86%D0%B8%D0%B8_%D0%BC%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B3%D0%BE_%D0%98%D0%A2-%D1%80%D1%8B%D0%BD%D0%BA%D0%B0) (дата обращения: 09.11.2023).

## ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО АНАЛИЗА РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИЕМНОЙ КАМПАНИИ ВУЗА

*Т. В. Кисель*

*Полесский государственный университет, г. Пинск*

Задача планирования контингента студентов, при приеме в вуз на первый курс обучения, является трудной и комплексной, требующей аналитического осмысления и принятия оптимального решения по многим, часто взаимосвязанным факторам.

Ежегодно в вузах создается приемная комиссия, целью которой является организация набора студентов [1]. В ходе набора, многие вузы нередко сталкиваются

с проблемой заполнения бюджетных мест и мест на условиях оплаты. Современные информационные технологии становятся необходимыми инструментами в реализации задач по управлению набором студентов.

В Полесском государственном университете (ПолесГУ), для сопровождения приемной кампании, ряд лет используется автоматизированная учетно-информационная система "Абитуриент", разработанная специалистами информационно-аналитического центра университета. Ядром автоматизированной системы является база данных под управлением реляционной СУБД MS SQL Server. По завершении очередной приемной кампании данные о приеме сохраняются в отдельной базе. За время функционирования автоматизированной системы, накоплен большой объем данных, которые можно использовать для анализа, с целью отследить динамику и, как следствие, возможные закономерности и тенденции, которые могут быть использованы руководством вуза, для принятия более обоснованных управленческих решений, при планировании контингента студентов, при приеме в вуз на первый курс обучения.

Однако проблема заключается в том, что формат этих данных различается в связи с тем, что автоматизированная система постоянно дорабатывается (в том числе и структура базы данных), так как ежегодно вносятся изменения в Порядок приема учреждения образования ПолесГУ, а также периодически в Правила приема лиц для получения общего высшего и специального высшего образования. Как следствие, анализ таких данных затруднен. Следовательно, с целью анализа и извлечения из данных полезной информации, должно быть создано единое централизованное хранилище, интегрированы из разных источников накопленные в результате ежегодного приема исторические данные и автоматизирована их обработка [2]. Для автоматизированной обработки, данные объединяемые из нескольких источников в один, должны быть стандартизированы по структуре и по форме [3]. К тому же, целесообразно загружать в хранилище не все данные из базы информационной системы, а только те, от которых зависит принимаемое решение руководящего лица. Соответственно, необходимо определить перечень

важных данных для интеграции и акцентировать внимание на ключевых показателях приемной кампании.

В рамках проведения научно-исследовательской работы кафедры информационных технологий и интеллектуальных систем ПолесГУ, по теме "Научные основы информационных технологий", по вопросу совершенствования вступительной кампании в учреждениях высшего образования Республики Беларусь, было принято решение добавить в состав автоматизированной информационной системы "Абитуриент" аналитический модуль. В результате чего было разработано программное средство анализа результатов приемной кампании вуза. Архитектура данного средства включает несколько уровней. Верхний уровень – клиент с интерактивным визуальным интерфейсом, предоставляющий руководству университета результаты анализа. Средний уровень – аналитический механизм, который используется для доступа к данным и их анализа [4]. Нижний уровень архитектуры – сервер базы данных, отвечающий за извлечение рабочих данных из автоматизированной учетно-информационной системы "Абитуриент", преобразование и загрузку обработанных данных непосредственно в хранилище. Средство анализа готово к внедрению в ПолесГУ в состав автоматизированной учетно-информационной системы "Абитуриент". Данный программный модуль, призван помочь руководству вуза в принятии более обоснованных управленческих решений, при планировании нового контингента студентов.

### Список литературы

1. О приемной комиссии учреждения высшего образования [электронный ресурс] : постановление Министерства образования Республики Беларусь от 23 марта 2006 г. № 23 // Национальный правовой Интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=W20614459>. – Дата доступа: 13.11.2023.

2. Кисель, Т.В. Средство организации архивных данных приемной кампании ПолесГУ / Т.В. Кисель // Тезисы докладов 56-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов / УО «Витебский государственный технологический университет»; ред. кол.: Е.В. Ванкевич и др.]. - Витебск : ВГТУ, 2023. - С. 186-187.

3. Парфенов, Ю. П. Постреляционные хранилища данных : учеб. пособие для вузов / Ю. П. Парфенов. – М. : Издательство Юрайт, 2021. – 121 с.

4. Кондрашов, Ю.Н. Анализ данных и машинное обучение на платформе MS SQL Server : учеб. пособие / Ю.Н. Кондрашов. – М : Издательство Русайнс, 2021. – 303 с.

## АЛГОРИТМ ДЕЙКСТРЫ В ОРГАНИЗАЦИИ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК

*В. Н. Клебанович*

*Научный руководитель: к. т. н., доцент В. Н. Шуть*

### **Постановка задачи**

В практике перевозок для характеристики потребностей городского населения в перевозках и систематического анализа условий перевозки пассажиров используется такая категория, как пассажиропоток, который характеризуется интенсивностью (среднее количество пассажиров, перевозимых в единицу времени). Данные о интенсивности пассажиропотока используются для выбора транспорта необходимой вместимости и определения требуемого для перевозки количества транспортных средств [1-3].

На каждом маршруте могут быть использованы транспортные средства различной вместимости. Выбор и обоснование необходимой вместимости транспортного средства для качественного обслуживания пассажиров является сложной управленческой задачей, особенно в условиях неполной, а зачастую недостоверной информации.

В настоящей работе предлагается автоматическая интеллектуальная информационно-транспортная система, способная самостоятельно, без участия или с минимальным участием человека, адаптироваться к динамике пассажиропотока, выводя на линию требуемые объемы для городской перевозки пассажиров.

### **Компоненты автоматической городской транспортной системы**

Транспортной единицей в рассматриваемой автоматической информационно-транспортной системе является беспилотный электрокар определенной вместимости (20- 40 пассажиров), называемый инфобусом.

На маршрут высылается такое число инфобусов, чтобы суммарная вместимость их незначительно превышала объем пассажиропотока. Пассажир, оплачивая проезд на остановке отправления через терминал системы, указывает свой пункт назначения, чем фиксирует свою заявку на доставку в нужный ему пункт. Доставка пассажира в пункт назначения должна быть преимущественно безостановочная, либо с минимальным числом остановок от пункта отправления и до пункта назначения. Для минимизации влияния других участников дорожного движения перевозку пассажиров инфобусы осуществляют по выделенной полосе. Движение инфобусов по маршруту осуществляется от Накопителя 1 к Накопителю 2, расположенных в конечных пунктах маршрута. Обязательным условием движения транспортных средств является бесконфликтность, т.е. инфобусы не должны задерживать друг друга.

Таким образом, данная информационно-транспортная система включает в себя такие компоненты, как [4-6]: единый координирующий сервер; выделенная полоса движения; остановочные пункты с терминалами оплаты и сбора информации о пассажирах; парк инфобусов, обрабатывающих команды сервера.

В ходе формирования плана развозки каждый инфобус получает свой индивидуальный номер и множество остановок, на которые он будет развозить пассажиров. Пассажиры, пункт назначения которых входит в набор остановок инфобуса, садятся в транспортное средство. Остальные ждут другого инфобуса.

Матрица корреспонденций  $M_z$ ,  $Z=1,2,\dots$  представляет из себя квадратную матрицу, элементы которой на главной диагонали и ниже главной диагонали равны нулю, каждый элемент  $m_{ij}$  которой равен числу пассажиров, следующих с остановки  $i$  на остановку  $j$ ,  $i, j = \overline{1, k}$ , где  $k$  - число остановок одного направления маршрута [7,8]

Информация о заявках пассажиров собирается с остановочных пунктов и фиксируется в матрице корреспонденций. При наступлении достаточных условий для составления плана развозки текущая матрица корреспонденций фиксируется и в нее более не добавляется информация о заявках пассажиров.

### **Алгоритм Дейкстры в перевозке пассажиров**

Рассмотрим случай, когда на какой-то остановочном пункте набралось необходимое количество пассажиров, которые могут поместиться в инфобус, и на эту остановку должен отправиться инфобус. Например, из 10 остановочных пунктов на 4 набралось

определенное количество пассажиров и они собираются доехать до 8 остановочного пункта. В этом случае на 4 остановочный пункт с 1 отправится инфобус, который довезет их на 8 остановочный пункт с 4 без остановок на остановочных пунктах, которые находятся на маршруте между 4 и 8 остановочными пунктами.

Но при таком раскладе инфобус, который добирается до 4 остановочного пункта с 1 остановочного пункта, не должен ехать пустым. В этом случае он просто израсходует электроэнергию впустую. А так инфобус будет еще развозить пассажиров по маршруту 1-4. Он может развозить пассажиров с 1 остановочного пункта на 4, с 1 в 3 и с 3 в 4. Но про то, сколькими способами можно развести пассажиров в зависимости от количества остановок мы рассмотрим в следующей главе. В таких случаях развозки инфобус должен развозить максимальное количество пассажиров до определенных остановок. И в этом нам поможет алгоритм Дейкстры.

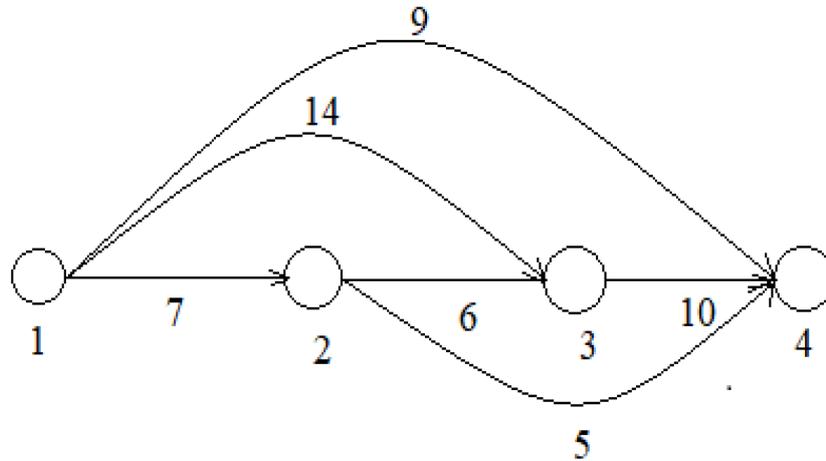
Алгоритм Дейкстры - это алгоритм поиска кратчайшего пути во взвешенном ориентированном или неориентированном графе с неотрицательными весами ребер. Алгоритм Дейкстры работает путем просмотра графа из начальной вершины, вычисления стоимости пути до каждой вершины и постепенного расширения области известных вершин, пока не будет достигнута конечная вершина или пока все вершины не будут изучены.

В нашем случае в качестве вершин будут выступать остановки, ребрами - маршруты от остановки  $i$  до остановки  $j$ , весами ребер - пассажиры, которые хотят добраться с остановки  $i$  до остановки  $j$ .

Мы будем с помощью алгоритма Дейкстры находить не минимальные, а максимальные пути, и в качестве путей мы будем считать маршруты, по которым инфобус может перевести максимальное количество пассажиров.

Рассмотрим пример как работает алгоритм Дейкстры.

Дан граф и необходимо найти минимальный путь от начальной вершины до всех остальных вершин



Результат будет следующим:

Минимальное расстояние от 1 до 1 = 0.

Минимальное расстояние от 1 до 2 = 7. 1->2.

Минимальное расстояние от 1 до 3 = 13. 1->2->3.

Минимальное расстояние от 1 до 4 = 9. 1->4.

Это был пример работы стандартного алгоритма Дейкстры, который находит минимальный путь между вершинами.

Рассмотрим случай для этого же графа, если нам надо найти максимальный путь между вершинами.

Максимальное расстояние от 1 до 1 = 0.

Максимальное расстояние от 1 до 2 = 7. 1->2.

Максимальное расстояние от 1 до 3 = 14. 1->3.

Максимальное расстояние от 1 до 4 = 24. 1->3->4.

### Список литературы

1. Шуть В.Н., Касьяник В.В. Мультиагентный подход в решении транспортных проблем городов – Искусственный интеллект. Интеллектуальные системы ИИ-2012, Материалы Международной научно-технической конференции, Донецк: ИПИИ «Наука і освіта – С. 203-206.

2. Шуть В.Н. Информационное обеспечение робототехнических комплексов городского общественного транспорта – доклады XI Международной конференции «Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации», Минск, 15 ноября 2012 – С.276-271.

3. Шуть В.Н., Касьяник В.В. Экономичная транспортная система городской перевозки пассажиров – Материалы Десятой международной научно-технической конференции «Наука-образованию, производству, экономике» в 4 томах, том 3, Минск, БНТУ, 2012. С.– 181.

4. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Высокопроизводительный вид городского пассажирского транспорта на базе современных информационных технологий // Сб. научн. трудов по мат. междунар. заочной научно-практич. конф. «Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика», Воронеж, 2016 г. – Воронеж : «ВГЛТУ», 2016, т. 4, № 5, ч. 3 – с. 336-341.
5. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Динамическая модель работы транспортной системы «ИНФОБУС» // Материалы научно-технической конференции «Искусственный интеллект. Интеллектуальные транспортные системы». Брест, Беларусь, 25-28 мая 2016 г. – Брест : «БрГТУ», 2016 – С. 49-54.
6. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Роботизированный городской транспорт касетно-конвейерной перевозки пассажиров // Доклады XV Международной конференции «Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации». – Минск, 17 ноября 2016 – С. 86–91.
7. Пролиско Е.Е., Шуть В.Н. Новый тип высокопроизводительного общественного городского транспорта // Материалы II Международной заочной научно-практической конференции «Перспективы развития транспортного комплекса». – Минск, 4-6 октября 2016 – С. 11-14.
8. Шуть, В.Н. Новый вид городского пассажирского транспорта на базе современных информационных технологий / В.Н.Шуть, В.В.Касьяник // Развитие информатизации и государственной системы научно-технической информации (РИНТИ-2017): доклады XVI Международной конференции, Минск, 16 ноября 2017 г. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2017. – С.98-103.

УДК378.147:51

**СИСТЕМА ЭЛЕКТРОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ  
КАК НЕОБХОДИМЫЙ КОМПОНЕНТ ПРИ ОБУЧЕНИИ  
СЛУШАТЕЛЕЙ-ИНОСТРАНЦЕВ МАТЕМАТИКЕ  
НА ПОДГОТОВИТЕЛЬНОМ ОТДЕЛЕНИИ**

*Е. А. Крагель  
БрГТУ, г. Брест*

Обучение иностранных граждан является экономически выгодным и поэтому экспорт образовательных услуг является одним из приоритетных направлений образования Республики Беларусь. Основной проблемой обучения слушателей-иностранцев является «языковой барьер». Данную проблему необходимо решать на подготовительном отделении (ПО). Одной из основных задач ПО является

сведение к минимуму проблемы «языкового барьера» (реализация коммуникативных потребностей), и это должно осуществляться на протяжении всего процесса обучения и не только при обучении дисциплине «Русский язык», но и при изучении математики, физики и др.

В рамках диссертационного исследования обучение «русскому математическому» языку включает следующие компоненты: овладение математической терминологией на русском языке; понимание математического текста представленного визуально, перевод математического текста на символичный математический язык; умение словестно формулировать математические предложения на русском языке, записанные в символической форме. Реализовать изучение «русского математического» языка и «нивелировать» знания по математике с учетом программы Республики Беларусь в условиях четырех месяцев (144 часа по программе) возможно лишь используя смешенное обучение с поддержкой системы образовательных ресурсов.

Под электронным образовательным ресурсом (ЭОР), согласно ГОСТ 53620-2009 понимаем «образовательный ресурс, представленный в электронно-цифровой форме и включающий в себя структуру, предметное содержание и метаданные о них». В качестве одного из обязательных дидактических свойств ЭОР указана интерактивность.

Под системой электронных образовательных ресурсов (СЭОР) будем понимать совокупность электронных учебников, лекций, справочников, электронное учебное пособие, электронный тренажер (обучающий тест), контролирующие программные средства (тесты), информационно-поисковые, информационно-справочные программные средства и др.

Для создания СЭОР в рамках нашего исследования используется инструментальная среда Moodle.

СЭОР (abiturientu.bstu.by) включает три модуля: организационно-информационный; учебный; интерактивный [1].

Представим фрагмент СЭОР по теме «Квадратные уравнения. Теорема Виета. Разложение квадратного члена на множители» (рисунок 1.)

## §8 Квадратные уравнения. Теорема Виета. Разложение квадратного трехчлена на множители.

 Требования к уровню математической подготовки слушателей факультета довузовской подготовки

 Словарь основных математических терминов по изучаемой теме

 Глоссарий по теме "Квадратные уравнения. Теорема Виета. Разложение квадратного трехчлена на множители."

 Презентация "Квадратные уравнения. Разложение на множители квадратного трёхчлена"

 Лекция "Квадратные уравнения. Теорема Виета. Разложение квадратного трехчлена на множители."

 Обучающий тест

### **! Языковая подготовка**

 Подкаст 8.1 Квадратные уравнения. Полные и неполные

 Подкаст 8.2 Теорема Виета и её применение в задачах

 Отработка понятий "Полное/неполное квадратное уравнение "

 Отработка понятий "Приведенное/неприведенное уравнение"

 Подкаст по теме "Системы неравенств"

 Примеры решения квадратных неравенств

*Рисунок 1. – фрагмент СЭОР по теме «Квадратные уравнения. Теорема Виета. Разложение квадратного члена на множители»*

Более подробно остановимся на рассмотрении элементов учебного модуля, которые направлены на изучении «математического русского языка» (изучение математической терминологии, формулировок понятий, теорем за курс средней школы по математике Республики Беларусь):

1) Словарь основных математических терминов по изучаемой теме на трех языках (русский, английский, китайский). В словаре представлены не только запись математических терминов на русском языке (визуальное представление), но и аудиозапись в mp3 формате.

2) Блок «Прочти, прослушай, повтори...», в котором представлены символные записи, формулировки математических действий и т.д., которые записаны на «математическом» языке, с вариантом чтения на русском языке и произношением в mp3 формате.

3) Глоссарий по теме, в котором в алфавитном порядке представлены формулировки основных определений.

4) Математические подкасты (аутентичные аудиовизуальные материалы), которые представляют собой видео-лекции; видео-ролики, на которых представлены подробные решения математических задач). Мы используем как авторские, так и подборку математических подкастов из YouTube.

5) Презентации Microsoft PowerPoint при проведении аудиторных занятий, реализующих принцип наглядности и доступности, вариативности; ориентированные на различные способы хранения и переработки информации, ее практическое применение с учетом «языкового барьера» [2];

6) Аутентичные математические тексты (тексты из истории математике, высказывания великих математиков, биографии математиков, пословицы, теоремы с доказательством, алгоритмы решения, классификации и т.д.).

7) Инфографика [3] и задания, разработанные с помощью встраиваемого в Moodle конструктора H5P [4].

8) Обучающий тест. Обучающий тест состоит из определенного количества вопросов с выбором правильного ответа. При выполнении тестов отсутствуют временные ограничения.

Представленная нами СЭОР направлена на интеграцию «языковой» и «математической» подготовок с учетом уровней знаний по математике, русскому языку, физиологических способностей и возможностей, стадии адаптации на этапе процесса обучения.

### Список литературы

1. Крагель Е. А. Центр дистанционного обучения математике как основное средство оптимизации подготовки абитуриентов-иностранцев к обучению в техническом вузе / Е. А. Крагель // Весн. Брэсц. ун-та. Сер. 3, Філалогія. Педагогіка. Псіхалогія. – 2013. – № 1. – С. 76–85.

2. Крагель Е. А. Презентации Microsoft Powerpoint при обучении математике слушателей-иностранцев на подготовительном отделении / Е. А. Крагель // Инновационные технологии обучения физико-математическим и профессионально-техническим дисциплинам : материалы XIV междунар. науч.-практ. интернет-конф., Мозырь, 29 март 2022 г. / Мозыр. гос. пед. ун-т им. И. П. Шамякина ; редкол.: И. Н. Ковальчук [и др.]. – Мозырь, 2022. – С. 40–43.

3. Крагель Е. А. Инфографика при обучении слушателей-иностранцев математике на подготовительном отделении / Е. А. Крагель // Вычислительные методы, модели и образовательные технологии: сб. материалов VII сб. материалов междунар. науч.-практ. конф., Брест, 22 окт. 2021 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. Д. В. Грицука. – Брест : БрГУ, 2021. – С. 47–49.

4. Использование конструктора H5P при обучении слушателей-иностранцев математике на подготовительном отделении / Е. А. Крагель // Математические и физические методы исследований: научный и методический аспект: сб. материалов респ. науч.-практ. конф., Брест, 22–23 апр. 2021 г. / Брест. гос. ун-т им. А. С. Пушкина ; под общ. ред. Н. Н. Сендера. – Брест : БрГУ, 2021. – С. 77–

УДК 004.4

## ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ТЕЛ В СРЕДЕ MAPLE

*Е. В. Кузьмина, Е. А. Максимчук, Я. М. Пальчастый*  
*Брестский государственный технический университет, Брест*

По мере развития общества современные информационные технологии занимают все больше места в жизни каждого человека. Эта тенденция затронула все сферы жизни, в том числе и образование. В частности, при изучении математических дисциплин можно использовать компьютерную визуализацию двухмерных и трехмерных объектов.

Как известно, вычисление тройных интегралов сводится к вычислению повторных интегралов. А для того чтобы правильно расставить пределы интегрирования в повторных интегралах, как правило, необходимо изобразить графически область интегрирования, т.е. тело, ограниченное некоторыми поверхностями. Однако это не всегда просто, особенно для тех людей, у которых плохо развиты пространственные представления. И здесь на выручку приходят специализированные программы. Например, пакет символьной математики Maple, который предоставляет широкий спектр инструментов для решения математических задач. Некоторые инструменты предназначены для решения геометрических задач и визуализации этого решения.

Для изображения поверхностей в Maple используется команда `plot3d`. Эта команда может изображать поверхности, заданные явно (в виде графика функции двух аргументов) и параметрически, создавать модели геометрических тел. Программа позволяет вращать построенные модели на экране, тем самым давая возможность рассмотреть их со всех сторон. Рассмотрим несколько примеров.

Предположим, необходимо изобразить графически тело, ограниченное поверхностями

$$z = \sqrt{1-y}, \quad y = x, \quad y = -x, \quad y = -2, \quad z = 0.$$

Для решения этой задачи в командной строке программы введем

```
>plot3d(sqrt(1-y), y = -1 .. 1, x = -y .. y, filled = true, axes = normal,  
grid = [20, 20])
```

и рассмотрим построенное тело в трех ракурсах (рисунок 1).

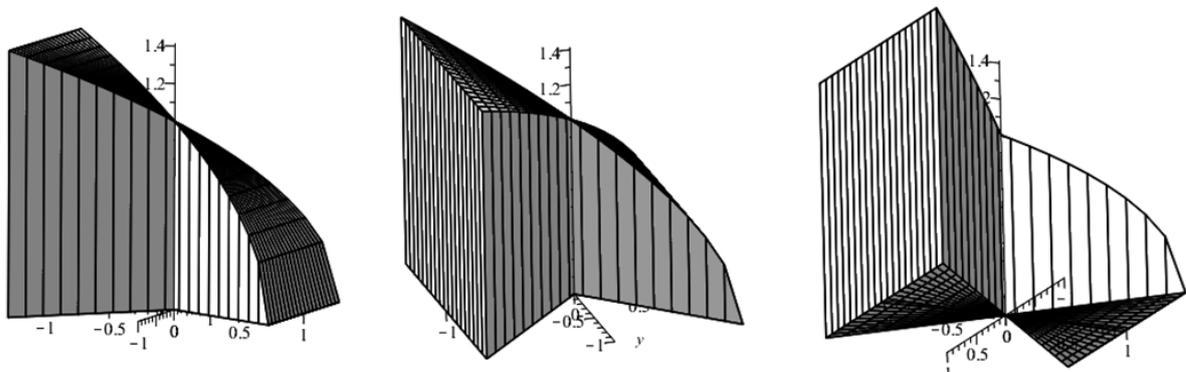


Рисунок 1

Для того чтобы изобразить тело, ограниченное поверхностями,

$$z = x^2 + y^2, \quad y = x^2, \quad y = 1, \quad z = 0,$$

воспользуемся командой

```
>plot3d(x^2+y^2, x = -1 .. 1, y = 1 .. x^2, filled = true, axes = normal, grid = [20, 20]).
```

Различные ракурсы, изображаемого тела, можно увидеть на рисунке 2.

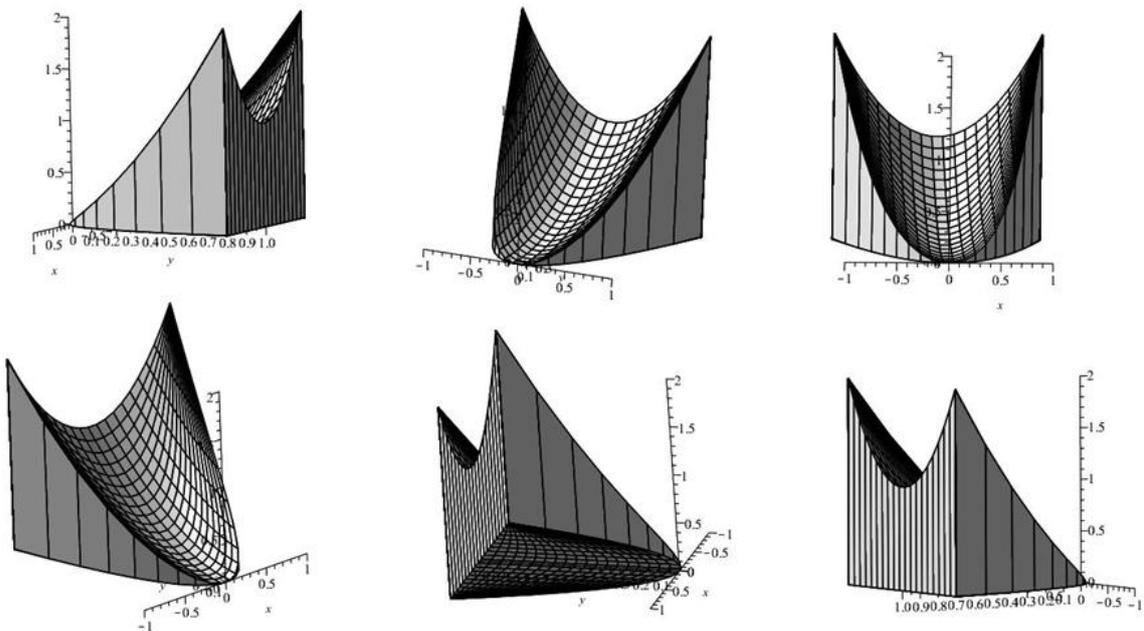


Рисунок 2

А на рисунке 3 в двух ракурсах изображено тело, ограниченное поверхностями

$$z = 1,5 - x^2 - y^2, \quad x^2 + y^2 = 1, \quad z = 0.$$

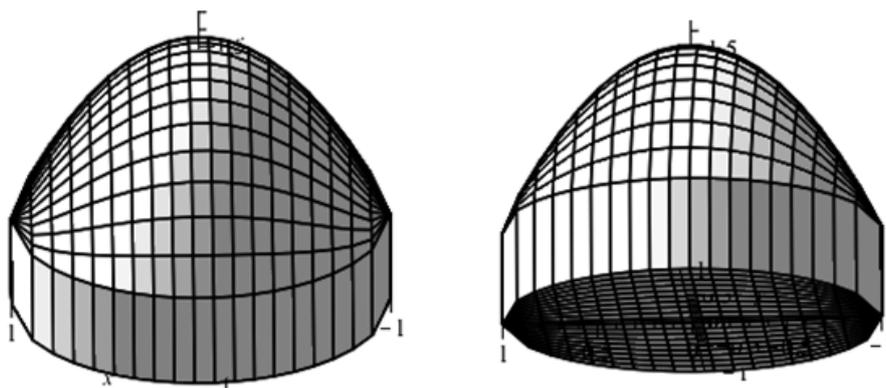


Рисунок 3

Этот случай самый простой, и такого количества ракурсов достаточно. Для построения использовали команду

```
>plot3d(1.5-x^2-y^2, x = -1 .. 1, y = -sqrt(-x^2+1) .. sqrt(-x^2+1), filled = true, axes = normal, grid = [20, 20]).
```

Это лишь некоторые примеры визуализации геометрических тел в среде Maple, которая предоставляет множество других функций и возможностей для работы с математическими вычислениями.

### Список литературы

1. Аладьев, В. З. Maple 6: Решение математических, статистических и инженерно-физических задач: учебное пособие / В. З. Аладьев, М. А. Богдьявичюс. – М. : Лаб. Базовых Знаний, 2001. – 824 с.

2. Аладьев, В. З. Основы программирования в Maple / В. З. Аладьев // Международная Академия Ноосферы [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа: <http://www.aladjev-maple.narod.ru/Maple.pdf> – Дата доступа: 18.11.23.

3. Говорухин, В. Н. Введение в Maple. Математический пакет для всех / В. Н. Говорухин, В. Г. Цыбулин. – М. : Мир, 1997. – 208 с.

**ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ СТУДЕНТОВ,  
ПРИСУТСТВУЮЩИХ НА УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЯХ**

*Д. А. Куликов, А. Г. Лелевич*

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, г. Гродно*

*Научный руководитель: А. М. Кадан, канд. техн. наук, доцент*

На сегодняшний день одной из актуальнейших проблем современного общества является проблема информационной безопасности, то есть защиты какой-либо информации. В связи с этим разрабатываются различные программно-аппаратные системы, позволяющие защитить информацию, обезопасив ее от несанкционированного доступа. На данный момент одним из самых перспективных направлений в таких системах является использование биометрических данных человека. Одной из таких систем является система распознавания лиц. С ее помощью решаются задачи контроля доступа к определенной информации – начиная с разблокировки телефона и заканчивая доступом на посещение какого-либо предприятия. Так, например, систему распознавания лиц можно использовать для идентификации присутствующих на занятии студентов, что значительно ускорит процесс проверки посещаемости и увеличит его точность.

Целью работы является исследование возможностей библиотек компьютерного зрения по применению методов биометрической идентификации и связанных с ней задач на основе детектирования лиц с использованием библиотеки компьютерного зрения OpenCV, dlib на примере детектирования и распознавания лиц членов студенческой учебной группы во время, регламентированное расписанием учебных занятий, а также реализация веб-интерфейса для взаимодействия пользователя с данной системой.

Перед нами стоит задача: распознать лица студентов на изображении и идентифицировать их. Наш подход основан на реализации распознавания лиц при помощи Python, OpenCV и глубокого обучения, в частности - библиотеки face\_recognition. Для решения задачи был сформирован набор изображений, содержащий образцы фотографий студентов факультета математики и информатики, которые будут идентифицированы в будущем. Из этих изображений формируется набор кодировок, представляющий собой массив 128-мерных векторов, по которым далее и будет производиться сравнение с полученным снаружи изображением.

После проведения тестирования на изображениях учебных групп университета можно выделить следующие проблемы:

- Малое количество примеров в исходном наборе данных.
- Качество и актуальность исходных фотографий. Под актуальностью здесь понимается изменения во внешности человека за некоторый период времени.
- Качество и характеристики входного изображения.
- Положение субъектов на входном изображении.

Опираясь на вышеописанные проблемы, были рассмотрены некоторые возможные варианты решения. Для того, чтобы повысить точность распознавания лиц, было принято решение изменить структуру исходного датасета. Раньше датасет включал в себя всех студентов факультета в соответствии с их идентификационным номером в системе университета. Теперь же в датасете студенты разбиты на свои академические группы, и сравнение лиц происходит, опираясь не на лица студентов всего факультета, а среди студентов определенной заданной группы. Это изменение должно значительно повысить точность распознавания, что логично, так как уменьшается количество возможных совпадений значений.

Теперь 128-мерные массивы кодировок будут строиться для каждого студента, однако сравнение будет происходить не по общему массиву кодировок, а по массиву кодировок конкретной учебной группы.

Также одним из решений проблем будет добавления новых фотографий студентов в исходный датасет, что, в свою очередь, тоже повысит точность распознавания. Свежие фотографии правильно распознанных студентов можно добавлять в набор. Текущая модель обучалась на старых фотографиях, фотографиях плохого качества, что делает точное распознавание куда более сложной задачей. Чем качественнее исходный набор данных, тем выше точность.

В связи с добавлением вышеописанного функционала подразумевается наличие пользовательского интерфейса, куда проверяющий сможет загрузить фотографию для анализа и где он сможет выбрать учебную группу, посещаемость которой он проверяет.

В свою очередь разрабатывается новый функционал, который расширит возможности веб-приложения и автоматизирует некоторые процессы. Так, например, в веб-приложение могут быть добавлены следующие REST-методы:

#### **1. Получение списка студентов группы**

Этот REST-метод предназначен для получения информации о студентах конкретной учебной группы. Запрос к API системы содержит параметры, идентифицирующие учебную группу, в ответе возвращается список студентов данной группы с основной информацией о каждом студенте

#### **2. Получение списка присутствующих и отсутствующих студентов группы**

Этот метод предоставляет возможность получить разделенный список студентов группы на две категории: присутствующие и отсутствующие. Результат включает информацию о текущем статусе каждого студента в рамках проведенных

мероприятий, подкрепленную соответствующей метаданными.

#### **3. Получение списка только отсутствующих студентов группы**

Данный REST-метод позволяет получить подробный перечень студентов, отмеченных как отсутствующие на занятии. Результат запроса содержит информацию, которая может быть полезна для дополнительного анализа и принятия мер для поддержания активности студентов в учебном процессе.

#### **4. Получение обработанного изображения**

Этот метод предоставляет возможность получения обработанного изображения, созданного на основе предоставленных входных данных. В ответ на запрос возвращается обработанное изображение с указанием присутствующих на нем студентов.

#### **5. Получение файла со списком присутствующих и отсутствующих студентов группы**

Этот REST-метод предназначен для получения списка студентов группы в альтернативном формате, помимо вывода информации в веб-приложении. Запрос вызывает формирование текстового или иного файла, содержащего информацию

о присутствующих и отсутствующих студентах. Это может быть удобно для последующей обработки или архивирования данных.

#### **6. Получение истории запросов пользователя или пользователей**

Данный метод предоставляет пользователю возможность получить доступ к истории своих запросов или запросов пользователей с аналогичными ролями. Это обеспечивает прозрачность в использовании системы и обеспечивает возможность отслеживать и анализировать выполненные запросы.

#### **7. Получения списка всех занятий, на которых отсутствовал конкретный студент**

Этот REST-метод предоставляет информацию о всех занятиях, на которых указанный студент отсутствовал. Запрос содержит идентификационные данные студента,

в ответ возвращается список занятий с дополнительной информацией о каждом.

#### **8. Вывод уведомления о студенте с большим количеством пропусков**

Этот метод предоставляет системе возможность автоматического выявления студентов с высоким уровнем пропусков и генерации уведомлений. Результат включает идентификационные данные студента и предупреждение о его активности в учебном процессе.

Для реализации данных REST-методов, а также для автоматизации некоторых процессов, планируется выполнить следующие действия:

##### **1. Добавление базы данных**

Процесс добавления базы данных включает в себя шаги по созданию структуры БД, установке соединения и настройке параметров для обеспечения эффективного хранения и извлечения данных.

##### **2. Авторизация и ролевая модель**

Авторизации и управления ролями обеспечивает безопасный доступ к функционалу системы. После успешной аутентификации, определяется роль пользователя и предоставляет соответствующие права доступа. Предполагаются такие роли, как: специалист деканата, преподаватель, староста, студент.

##### **3. Автоматическое определение группы по наибольшему количеству распознанных студентов**

Этот алгоритм автоматически определяет учебную группу на основе наибольшего количества распознанных студентов на полученном на входе изображении

исходя из вероятности правильного распознавания. Он использует данные, полученные от системы распознавания лиц, для выявления активных учебных групп.

#### **4. Интеграция с электронным расписанием занятий**

Этот алгоритм интегрирует информацию о расписании с функционалом системы. После авторизации преподавателя система автоматически отслеживает его расписание занятий и предоставляет соответствующую информацию о группах. Благодаря этому, при загрузке изображения преподаватель может не указывать учебную группу. Она будет определена автоматически, исходя из времени запроса и расписания преподавателя.

#### **5. Возможность выбрать сразу несколько учебных групп**

Алгоритм обеспечивает функционал выбора нескольких учебных групп с целью одновременного анализа поточных занятий. Это удобно для преподавателей, ответственных за несколько групп одновременно.

В представленном приложении для отслеживания посещаемости студентов на учебных занятиях реализация разнообразных методов приобретает важное значение для повышения эффективности учебного процесса и обеспечения удобства преподавателей.

В первую очередь, предоставление возможности получения списка студентов группы и детальной информации о присутствующих и отсутствующих студентах позволяет преподавателям легко контролировать активность студентов на уроках. Это способствует более эффективному ведению занятий и управлению обучением.

Дополнительно, наличие методов, формирующих списки в различных форматах, таких как текстовый файл, обеспечивает быстрый и удобный доступ к необходимой информации. Это значительно упрощает процесс получения данных о посещаемости.

Особый интерес представляет метод вывода уведомлений о студентах с большим количеством пропусков. Такой функционал позволяет преподавателям оперативно выявлять проблемы с посещаемостью и своевременно принимать меры для поддержки студентов.

Интеграция с расписанием и возможность выбора нескольких учебных групп предоставляют дополнительные инструменты для управления данными. Алгоритм интеграции с расписанием автоматически отслеживает группы по времени занятий, что делает процесс контроля более удобным и систематизированным.

В заключении можно отметить, что комплексная реализация описанных методов и алгоритмов в приложении позволит добиться повышения точности распознавания лиц студентов и удобства пользования сервисом, обеспечить преподавателям современные инструменты для эффективного управления учебным процессом, повышения общей производительности преподавательской деятельности, упрощения процесса контроля посещаемости, что позволит преподавателям больше времени уделить учебным, а не воспитательным вопросам.

## ПОИСК НАРУШЕНИЙ ПРАВИЛ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ В ВИДЕОПОТОКЕ

*А. Г. Лелевич, Д. А. Куликов*

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, г. Гродно*

*Научный руководитель: А. М. Кадан канд. техн. наук, доцент*

В современном мире всё большее применение находит система видеонаблюдения. При всё возрастающем количестве камер актуальным становится автоматический сбор и анализ данных с них для последующего принятия решения либо автоматически, либо с участием человека о действиях в возникшей ситуации. Актуальность работы обусловлена также тем, что информация, получаемая в результате обработки видеоданных математическими алгоритмами, позволяет по новому строить логику работы всего охранного видеонаблюдения, меняя отношение к системам безопасности в целом и превращая их из простого подспорья охранной службы в решения, сосредоточившие в себе новейшие достижения науки.

Целью работы является исследование возможностей открытого программного обеспечения по применению методов детектирования движущихся объектов в видеопотоке и построения трека их движения, а также разработка ПО для поиска нарушений правил дорожного движения.

Задачей обнаружения объектов является их точное определение и классификация, а также построение ограничивающих рамок, которые будут охватывать обнаруженный объект. Рассмотрим два подхода, основанные на сверточных нейронных сетях. Первый из них представляет собой двухэтапный подход, в основном представленный архитектурой Faster-RCNN, а второй - одноэтапный подход, представленный YOLO.

Метод Faster-RCNN был одним из первых предложений, направленных на использование обученной сверточной модели для задачи обнаружения объектов. Это предложение появилось как усовершенствование Fast-RCNN, для которой требовался список объектов-кандидатов, сгенерированный отдельным модулем, известным как модуль объектности. С этой целью обычно использовался подход выборочного поиска. Наличие дополнительного модуля для поиска объектов-кандидатов влечет за собой уменьшение производительности всей модели. Таким образом, основной целью Faster-RCNN было уменьшить эти накладные расходы с помощью сверточной архитектуры, обученной для задачи обнаружения объектов.

Двухэтапный подход, предложенный Faster-RCNN, является основным недостатком модели. Метод YOLO (You Only Look Once) создан с целью его устранения и обнаруживает объекты за один просмотр входного изображения.

Исходное изображение разбивается на клетки фиксированного размера (обычно 13x13). Каждая клетка является якорем, к которому прикрепляются предполагаемые области. То есть вокруг клетки рисуются несколько прямоугольников

для определения объекта (поскольку непонятно, какой формы прямоугольник будет наиболее подходящим, их рисуют сразу несколько и разных форм), и их позиции, ширина и высота вычисляются относительно центра этой клетки. Далее для каждой области вычисляется показатель уверенности, что она содержит объект. После этого отсеиваются те области, у которых этот показатель больше определенного порога. В итоге на изображении остаются только те прямоугольники, которые с большой вероятностью содержат объект. После этого используется техника NMS (non-max suppression), чтобы отфильтровать предсказанные области таким образом, чтобы для одного объекта была только одна такая область.

Стоит также отметить, что YOLO предсказывает в трех разных масштабах. То есть изображение делится на 64, 256 и 1024 клетки. Это необходимо для определения также и маленьких объектов. На момент написания работы последней версией является YOLO 8. Она работает быстрее и точнее и позволяет кроме всего прочего осуществить сегментацию экземпляров.

Задача слежения за объектами отличается от обнаружения объектов тем, что здесь задача не просто определить объекты на кадре, но еще и связать информацию с предыдущих кадров таким образом, чтобы не терять объект, или сделать его уникальным.

То есть методы слежения включают в себя методы обнаружения для определения объектов, и другие алгоритмы для понимания какой объект на новом кадре принадлежит какому из предыдущего кадра.

Рассмотрим наиболее популярные методы слежения за объектами. Метод SORT (Simple Online And Realtime Tracking) подразумевает алгоритмический подход к отслеживанию объектов при помощи детекции. Этот метод игнорирует прочие элементы за пределами детектируемого объекта. SORT использует местоположение и размер области с обнаруженным объектом как для оценки движения, так и для сопоставления данных по кадрам. В качестве детектора объектов может использоваться Faster-RCNN или YOLO. Перемещение объектов в последовательных кадрах оценивается с помощью линейной модели постоянной скорости, которая не зависит от других объектов и движения камеры. Для реализации задачи сопоставления данных, используются новые целевые состояния для прогнозирования местоположения объекта, которые затем сравниваются с обнаруженной областью на текущем временном интервале. Венгерский алгоритм используется для выбора оптимальной области. Может работать при частоте 60 кадров в секунду.

Несмотря на хорошую производительность с точки зрения точности трекинга, SORT демонстрирует большое количество ошибок идентификации объектов. Это приводит к невозможности работы по сложным сценариям: появление помех, изменение ракурсов камеры и т.д. Чтобы преодолеть эти ограничения, DeepSORT заменяет метод сопоставления более сложным методом, который объединяет информацию о движении объекта и его внешнем виде. Например, добавлена метрика расстояния. Основная ее идея состоит в получении вектора

признаков, который можно использовать для представления полученного изображения. Данный метод работает точнее своего предшественника, но при этом наблюдается падение производительности.

Метод StrongSORT берет за основу DeepSort и улучшает его с точки зрения идентификации объекта и построения траектории его движения. В отличие от многих методов, которые объединяют частичные траектории в полные траектории, что влечет за собой падение производительности, указанный метод использует модель AFLink для построения треков движения с соблюдением хорошего баланса между скоростью и точностью. Кроме того используется интерполяция с гауссовым сглаживанием на основе регрессии гауссова процесса для устранения недостающего обнаружения. Метод обладает большей точностью, но производительность находится на уровне DeepSort.

Перед анализом нарушений правил дорожного движения на видео, необходимо получить объекты, их принадлежность к определенному классу, а также траектории их движения. Для этих целей было использовано открытое программное обеспечение, которое использует модель YOLO 8 версии для обнаружения объектов и StrongSORT для решения задачи трекинга.

Сохранение результатов трекинга осуществляется в формате MOT (Multi Object Tracking), который используется в международных соревнованиях по слежению за объектами в видеопотоке. Первое число показывает номер кадра, на котором были обнаружены объекты, второе – идентификатор объекта. Следующие два числа представляют собой координаты верхнего левого угла области над объектом. Пятое число показывает ширину области, шестое – ее высоту. Оставшиеся числа используются в соревнованиях по слежению за объектами в трехмерном пространстве, поэтому в нашем случае они нас не интересуют.

Можно заметить, что отсутствует класс объекта, который будет использоваться для отличия человека от других объектов. Поэтому в код программы были внесены правки: теперь третье число показывает к какому классу относится объект. В данном случае ноль отвечает за человека, а двойка – за автомобиль. В результате получили необходимые данные для их последующей обработки. Полученные данные преобразуем к удобному виду: создадим трехмерный массив, где разделение будет осуществляться сначала по кадрам, а потом по каждому объекту с его классом и координатами.

В начале работы программы необходимо выбрать области, попадание людей в которые означает нарушение. Определять попадание объекта в одну из выбранных областей будем по правой нижней точке рамки над объектом.

Основная часть программы осуществляет покадровую обработку видеопотока и поиск попаданий людей в выбранные области, что означает нарушение. Далее кадры с нарушениями выводятся в отдельном окне, в котором можно поставить вывод изображения на паузу и рассмотреть зафиксированное нарушение.

В результате можно заключить, что разработанная программа справляется с поставленной задачей. Были выделены следующие недостатки открытого ПО, использованного для первоначальной обработки видео и подготовки данных для

обработки: достаточно низкая скорость работы, а также проблемы с обнаружением и идентификацией объектов. Однако последний недостаток не является критическим и может быть исправлен в следующих версиях YOLO или переобучением модели на своих данных.

УДК 364

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСЫ В СФЕРЕ ДИАГНОСТИКИ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ЗАБОЛЕВАНИЙ**

*Е. Ю. Лицкевич*

*УО «ГрГУ имени Я. Купалы», Гродно, Республика Беларусь*

*Научный руководитель: А. Т. Сазонова, старший преподаватель кафедры системного программирования и компьютерной безопасности*

В современном обществе вопросы психического здоровья становятся все более приоритетными и острыми. Психологические заболевания оказывают значительное влияние на качество жизни людей, влияя на их эмоциональное благополучие, поведение и социальные взаимодействия. Однако диагностика психологических расстройств остается сложным и многогранным процессом. Внедрение в эту область современных технологий играет ключевую роль в рамках концепции устойчивого развития государства. Ведь это поможет в обеспечении точности диагноза, эффективного лечения и поддержки пациентов.

В современной психологической и психиатрической практике информационные системы и технологии играют важную роль, так как они направлены на улучшение точности и эффективности медицинской диагностики в психиатрии и психологии.

Оценим существующие информационные системы и технологии:

1. Электронные медицинские записи (ЭМЗ) – цифровые системы для хранения и обработки медицинской информации пациентов.

Преимущества: Улучшение доступа к истории пациента, координация ухода, быстрый обмен данными между специалистами.

2. Использование Искусственного Интеллекта (ИИ) и Машинного Обучения (МО) – алгоритмы и модели, обученные на данных, позволяющие проводить автоматизированный анализ симптомов и предсказывать диагнозы.

Преимущества: Повышение точности диагностики, анализ больших объемов данных.

3. Мобильные приложения для мониторинга психического здоровья – приложения, предоставляющие возможность пользователям отслеживать свои эмоциональные состояния, сон, активность и другие показатели.

Преимущества: Активное участие пациентов в мониторинге и управлении своим психическим здоровьем.

4. Электронные версии Диагностического и Статистического руководства по психическим расстройствам (DSM) и Международной классификации болезней и проблем, связанных со здоровьем (ICD) – цифровые форматы стандартизированных руководств для диагностики медицинских и психических состояний.

Преимущества: Обеспечение единых стандартов и цифрового доступа к актуальным критериям диагностики.

Выделим ключевые преимущества использования ИС в сфере диагностики психологических заболеваний:

1. Точность и надежность. Информационные системы обеспечивают точный анализ данных, что способствует более точным и достоверным диагнозам психологических состояний.

2. Эффективное управление данными. Цифровые платформы позволяют эффективно хранить, обрабатывать и обмениваться данными о пациентах.

3. Интеграция и обмен информацией. Возможность интеграции с другими медицинскими системами и обмена информацией между медицинскими учреждениями.

4. Персонализированный подход. Анализ больших данных и использование алгоритмов машинного обучения позволяют создавать персонализированные подходы к диагностике.

5. Улучшение доступности услуг. Технологии, такие как телемедицина, повышают доступность медицинских услуг, особенно в удаленных или мало доступных регионах.

6. Большой объем обрабатываемых данных. Способность обрабатывать большие объемы данных позволяет выявлять тренды и паттерны в распространении и динамике психологических заболеваний.

Использование ИС в диагностике психологических заболеваний дает возможность повысить эффективность процессов и сформировать индивидуальный и точный подход к пациентам.

Однако, существуют некоторые вызовы и проблемы в использовании информационных систем:

1. Проблемы конфиденциальности данных:

Описание: Недостатки в обеспечении адекватной защиты личных медицинских данных пациентов при использовании информационных систем.

Возможные последствия: Риск утечек конфиденциальной информации, нарушение приватности пациентов, потенциальные юридические проблемы.

2. Этические аспекты использования технологий в диагностике:

Описание: Вопросы, связанные с этическими нормами при разработке, внедрении и использовании технологий в области психологической диагностики.

Возможные последствия: Нарушение принципов конфиденциальности, недоверие пациентов к технологиям, создание этических дилемм сбора и использования данных.

### 3. Ограниченный доступ к технологиям в различных областях:

Описание: Различия в доступности современных технологий в области диагностики психологических заболеваний для разных регионов или социальных групп.

Возможные последствия: Неравномерное распределение медицинских ресурсов, создание цифрового разрыва, ограничение доступа к высокотехнологичным методам диагностики.

Активное внедрение ИС в сферу диагностики психологических заболеваний имеет ряд перспектив, направленных на улучшение точности, доступности и персонализации процессов диагностики психологических заболеваний:

#### 1. Внедрение искусственного интеллекта и анализа больших данных:

Описание: Применение AI и анализа больших данных для более точных диагнозов, выявления паттернов и персонализированного подхода к лечению.

Потенциальные преимущества: Улучшение эффективности диагностики, оптимизация лечебных стратегий.

#### 2. Развитие телемедицины и цифровых платформ:

Описание: Усиление использования технологий для удаленной консультации, диагностики и мониторинга пациентов через цифровые средства связи.

Потенциальные преимущества: Повышение доступности медицинской помощи, особенно в удаленных регионах, улучшение своевременности и эффективности обслуживания.

#### 3. Необходимость обучения специалистов:

Описание: Обучение медицинских специалистов использованию современных технологий в психологической диагностике.

Потенциальные преимущества: Повышение квалификации специалистов, увеличение применимости современных методов диагностики.

Подводя итоги, рассмотрение информационных систем в диагностике психологических заболеваний выявило значительные преимущества, такие как повышение точности диагнозов, улучшение доступности медицинской помощи и персонализированный подход к лечению. Однако, наряду с этим, появляются и возможные вызовы: проблемы конфиденциальности данных, этические вопросы и ограниченный доступ к технологиям в некоторых областях.

Сбалансированный подход к использованию информационных систем в диагностике психологических заболеваний остается ключевым аспектом, на который стоит обратить внимание в рамках концепции устойчивого развития государства. Необходимо обеспечить высокий уровень конфиденциальности данных, уделять внимание этическим стандартам и активно развивать обучение специалистов для успешного внедрения и использования современных технологий. Только в таком сбалансированном контексте информационные системы смогут максимально раскрыть свой потенциал и способствовать прогрессу в диагностике и лечении психологических заболеваний.

### Список литературы

1. Информационные технологии в психологии // <https://proza.ru/>. URL: <https://proza.ru/2020/05/13/2164> (дата обращения: 07.11.2023).
2. 3 главные тенденции в IT в 2023 // <https://vc.ru>. URL: <https://vc.ru/hr/770253-3-glavnyie-tendencii-v-it-v-2023> (дата обращения: 17.11.2023).

УДК 004.354

## ИЗУЧЕНИЕ ЭТАПОВ ЭВОЛЮЦИИ КОНСТРУКЦИЙ СРЕДСТВ УПРАВЛЕНИЯ КУРСОРОМ

*В. А. Мельник, Д. Н. Русак*

*Брестский государственный технический университет, Брест;  
Научный руководитель: Костюк Д. А., к.т.н., доцент*

В конце двадцатого и начале двадцать первого века цифровые технологии стали играть все более важную роль в жизни общества. Это был период постоянных

технологических изменений в вычислительной технике, которые привели к увеличению количества устаревшего оборудования.

Некоторые из этих объектов получили известность благодаря их культурной либо социальной роли и даже были отмечены в контексте эстетического значения, ряд других оказал влияние на развитие техники, не приобретя широкой известности. Разнообразие, характерное для растущего массива технологий, наблюдается,

в частности, в такой подкатегории периферийного оборудования, как средства управления экраным курсором (мышь и трекболы). В конструкциях этих устройств

обнаруживаются значительные различия, а разъемы, цвет, используемые материалы, конструктивные особенности, технология отслеживания движения постоянно подвергались пересмотру и редизайну [1].

Анализ мышей и трекболов за период с 1970 по 2000 годы, иллюстративно приведенных на рис. 1 в виде систематической таблицы, позволил сделать выводы об эволюции конструктивных особенностей средств управления курсором, выделить ключевые манипуляторы, ознаменовавшие поворотные этапы в их развитии.

Исторически первым манипулятором среди рассматриваемых конструкций является трекбол, разработанный в 1952 году в качестве интерфейса с военно-морской тактической системой DATAR, разработанной для Королевского военно-морского флота Канады.

Следующим этапом в развитии манипуляторов была первая конструкция компьютерной мыши на основе вращающихся колес, предложенная Дугласом

Энгельбартом в 1963 году. Автор первого прототипа мыши Энгельбарта, инженер Билл Инглиш, смог продемонстрировать действующую модель в 1966 году в Исследовательском центре Пало-Альто компании Xerox, используя в её конструкции деревянный корпус, ортогонально расположенные колеса в форме усеченного конуса и единственную кнопку [2]. В данной конструкции при движении мыши вдоль одной из координатных осей одно из колес вращается, передавая изменения координат, а другое скользит без движения.

В том же 1966 году независимо от Xerox инженеры компании Telefunken реализовали классическую мышь на основе шара, представляющую собой «перевернутый трекбол». Движения шара отслеживались с помощью двух фрикционных колес, механически соединенных с энкодерами.

Исследованные манипуляторы											
до 1980:	Alto 1									Резистивный энкодер	
1980	1972	TRS-80 Deluxe	TRS-80 Color	Tandy	1980	Tandy	1980	Tandy		Оптомеханический энкодер	
1981	8010 Star	Xerox								Оптический энкодер	
1982	Nidd Valley DigIMouse	M1	VisiOn mouse	Graphic / SMC Mouse	1982	Mouse Systems	1982	Mouse Systems	1982	Contriever	Аналоговый реостат
1983	green-eyed mouse	Hawley Mark II X063X	Lisa mouse (MSM0050)	M2	1983	Apple	1983	Apple			
1984	46060B	P4 and Digimouse	Macintosh mouse MD100	46060A	Summagraphics SummaMouse	1984	HP	1984	Mouse Systems		
1985	Grey-eyed mouse	Mouse IIC	Neos Mouse	Series C7 Mouse	C7	Logitech	1985	Logitech	6085 Optical 2-Button Mouse	Optical 3-Button Mouse	AMX Mouse
1986	Commodore 1350 Mouse	MicroLinx trackball	EC 1841	P7-3F	Desktop Bus Mouse	Manager Mouse	1986	Apple	1986	Torrington	Atari ST mouse
1987	PS/2 mouse	FastTRAP Trackball	GM-6	Laser III	Quadram mouse	M4	1987	Quadram	1987	Mouse Systems	Dove bar mouse
1988	Witty Mouse C-400	ClearCase Mouse	M-CG7	Genius	Kraft	1988	Logitech				
1989	HeadStart Explorer	ProCorp Serial Mouse	Abaton ProPoint Optical Trackball	Aero IM-PC20	1989	ICA technology					
1990	PFS Mouse (KM10K)	Марокенна YBK-01	PS/2 Convertible trackball/mouse	Roland MU-1	Little Mouse	Suncum IController	1990	IBM	1990	Mouse Systems	e-Mac Silhouette
1991	MM 8031	EC 1845	Kidz Mouse	Комета (KometBox)	Quick QM-E1	1991	Logitech	1991	CCCP		
1992	Super NES Mouse	NeXT N8003 mouse	IntelliMouse TrackBall	PCXAS-AA	Prohance PowerMouse	1992	DEC				
1993	Sun Compact mouse	Turbo Mouse 4.0	TrackMan Stationary Mouse	Desktop Bus Mouse II	DuraPoint	1993	Apple				
1994	Serial Mouse 2.0	Hawley Mouse									
1995	ProAgol Scrolling Mouse	RTC Mouse-Burger RTC RCN-55	TrackMan Marble								
1996	Turbo Mouse 5.0	MouseMan	Intellimouse ball mouse								
1997	ScrollPoint 3-Button Mouse	Adjustable Trackball									
1998	USB mouse (M4848)	LYNX-67P									
1999	Wingman Force Feedback Mouse	4D Wireless Mouse (RW-5)									
2000 и после	Mouse-trak	Expert Mouse Pro Trackball K64325	Optical Mouse by Starck	Pro mouse (M5769)	Mighty Mouse (A1152)	2000	Apple	2001	ITAC Systems	2003	Kensington

Рис. 1 – Систематическая таблица исследованных манипуляторов

Первой мышью в свободной продаже оказалось мышью для компьютеров Xerox Alto, выпущенная в 1973 году при участии инженеров Билла Инглиша и Джека Хоули. В ней использован гладкий стальной шар и два механических энкодера, имевших форму барабана.

Данная конструкция оказалась удачнее предыдущих, и Джек Хоули продолжал выпускать данную мышью в нескольких модификациях независимо от Xerox почти до середины 80-х годов. Конструкция мыши на основе механического энкодера стала достаточно популярной, однако для уменьшения стоимости и габаритов конструкции барабан был заменен на диск. При движении мыши шар поворачивает прижимные ролики, расположенные перпендикулярно друг другу, ролики крепятся к стержням, которые соединяются с дисками энкодеров. Когда диски вращаются, нанесенные на них контактные площадки касаются скользящих контактов, замыкая и размыкая электрическую цепь, а результирующие сигналы компьютер может преобразовать в движения курсора.

Первой оптической мышью в современном понимании является мышью для компьютеров Xerox Star, построенная на основе матрицы из 16 фотоприемников. Данной мышью для регистрации движения требовалась поверхность с регулярной яркостной неоднородностью, поэтому в комплекте шел специальный коврик с чередованием черных и белых пятен [3].

Однако такая конструкция оказалась чересчур дорогой для своего времени, и через год появляется первая оптическая мышью компании Mouse Systems (позднее Genius), ставшая стандартом оптических мышей на десятилетие вперед. В ней для обнаружения движения используется специальный коврик с отражающей поверхностью и линиями сетки. Как правило, линии различаются по цвету: например, синие, и ортогонально им – черные. В нижней части мыши находятся два светодиода, которые излучают свет, и два фототранзистора, которые принимают отраженный свет. Один светодиод излучает красный свет, который поглощают синие линии; другой излучает инфракрасный свет, который поглощают черные линии. Каждый разрыв в световом сигнале представляет прохождение мышью определенного расстояния вдоль соответствующей координатной оси [4].

В 1982 году швейцарский производитель часов компания Depraz (позднее Logitech) предложила объединить достоинства оптических и механических мышей за счет оптомеханического энкодера. Такая мышью дешевле полноценной оптической мыши, ей не требуется специальный коврик, а в энкодере нет ненадежного механического контакта. Для оптомеханического энкодера легче добиться более высокой разрешающей способности, чем для контактного энкодера.

Оптомеханическая мышью использует те же принципы, что и механическая мышью, но по-другому определяет движение дисков энкодера. Диски имеют равномерно расположенные радиальные прорезы или отверстия. Светодиод, расположенный с одной стороны диска, излучает свет, а фототранзистор, расположенный по другую сторону диска, регистрирует световой сигнал в момент прохождения прореза и генерирует электрический импульс, который компьютер может преобразовать в движение курсора.

В 1985 была выпущена мышь TRS-80 Color mouse, предназначенная для бытовых компьютеров TANDY TRS-80. Вместо использования контактных энкодеров, движение шара с помощью зубчатой передачи передается не потенциометры, а положение мыши относительно координатной оси задается амплитудой аналогового сигнала, который должен быть оцифрован компьютером для последующего анализа. В сущности, данная конструкция мыши представляет собой имитацию аналогового джойстика. Несмотря на очевидный недостаток (ограниченный «пробег» мыши в каждую из сторон), такие устройства были дешевы и находили применение в домашних компьютерах, у которых был только игровой порт для подключения аналогового джойстика.

В 1986 две компании (Torrington и Hawley Mouse House Джека Хоули) пробуют реанимировать идею использования колес вместо шара для уменьшения засоряемости и удешевления мыши. Мышь мало отличается от обычной механической мыши (с механическим или оптомеханическим энкодером), однако вместо передачи прижимным роликам вращения шара, сами прижимные ролики наклонены вниз и выходят наружу через прорезы в дне корпуса мыши, передавая движение непосредственно на энкодер. На конце ролика находится небольшое колесо в виде усеченного конуса, касающееся рабочей поверхности под углом.

В 1987 появляется третья модель мыши Microsoft, ставшая первым манипулятором, производитель которого делал упор на эргономичный дизайн корпуса. Прототипом для формы этой мыши послужил шлифовальный брусок.

В конце 80-х годов происходит возврат популярности к трекболам для персональных компьютеров, находившим до этого нишевое применение в специальном оборудовании и в компьютерных играх. Обнаруживаются две новые области, где трекбол оказывается востребован на ПК:

6. эргономика (устройства для борьбы с туннельным синдромом запястий) – пионер применения трекболов в этой сфере фирма ITAC Systems;

7. САПР (большой трекбол позволяет точнее позиционировать курсор и исключает риск нечаянно его сдвинуть при нажатии на кнопку).

В обоих случаях предпочтение отдается оптомеханическим устройствам большого размера без экономии на конструктивных элементах (характерно использование шариковых подшипников, дорогостоящих материалов и др.).

1995 появляется первый оптический трекбол – модель Logitech Trackman. Рисунок на шаре трекбола играет роль специального коврика, позволяя матрице оптических датчиков считывать чередование светлых и темных пятен при вращении. Использование оптического метода регистрации вращения шара позволило заменить ролики точечными опорами с низким коэффициентом трения для более легкого вращения шара. При этом обнаружилось, что конструкция оптического трекбола менее чувствительна к засорению и реже требует чистки.

Наконец, в том же 1995 выпущена мышь Mouse Systems ProAgio, известная также как Genius EasyScroll Mouse – первая мышь, оснащенная колесом прокрутки (хотя из-за специфической формы правильнее было бы назвать это колесо барабаном). Первоначально предполагалось использовать колесо для масштабирования в электронных таблицах, но очень быстро оказалось, что оно идеально

подходит для прокрутки документов на экране [5]. В данном манипуляторе для прокрутки применялся отдельный оптомеханический энкодер, соединенный с барабаном ременной передачей, поэтому техническое разрешение прокрутки было избыточным, соответствуя разрешению движения курсора мыши (последующие модели применяли для прокрутки значительно удешевленный энкодер). В целом же появление данной мыши стало самой серьезной переменной рынка манипуляторов, сделавшей нерелевантными сотни моделей мышей, не имевших функции прокрутки.

Таким образом были выделены следующие этапы эволюции манипуляторов:  
Докоммерческий этап (артефакты):

- 1952 – появление трекбола;
- 1966 – колесная мышь Дугласа Энгельбарта;
- 1966 – шариковая мышь Rollkugel.

Коммерческий этап:

- 1973 – мышь Xerox Alto и начало массового использования контактных энкодеров;
- 1981 – мышь Xerox Star и появление современной конструкции мыши с оптическим энкодером на основе сканирующей матрицы;
- 1982 – мышь Mouse Systems и появление упрощенного оптического энкодера;
- 1982 – Depraz mouse и начало коммерческой эксплуатации оптомеханического энкодера;
- 1985 – мышь TRS-80 Color mouse и появление аналоговых мышей для игрового порта домашних компьютеров;
- 1986 – Manager mouse и Hawley DEC mouse, возрождение конструкции колесных мышей;
- 1987 – Microsoft mouse v.3, первая эргономичная мышь;
- 1988 – первое позиционирование трекбола для решения проблем эргономики и борьбы с туннельным синдромом запястий в модели MOUSE-TRAK компании ITAC Systems;
- 1995 – первый трекбол на основе оптического энкодера Logitech Trackman;
- 1995 – появление колеса прокрутки в Mouse Systems scroll mouse.

### Список литературы

1. Beale, G. , Schofield, J. and Austin, J. The archaeology of the digital periphery: computer mice and the archaeology of the early digital era //Journal of Contemporary Archaeology, 5(2), 2019. – pp. 154-173.
2. oldmouse.com. Mouse museum. – 08/10/2021. – Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20211008211229/https://www.oldmouse.com/>
3. Lyon R.F. The Optical Mouse: Early Biomimetic Embedded Vision / Advances in Embedded Computer Vision. – Springer, 2014. – pp. 3-22.

4. McLoughlin I. Computer Peripherals. Chapter 5. Mouse and Tackball / School of Computer Engineering. Nanyang Technological University. Singapore. – 16/10/2001. – Режим доступа: <https://www.lintech.org/comp-per/05MS.pdf>.

5. Atwood J. Meet the inventor of the mouse wheel. / CODING HORROR: programming and human factors. – 16 May 2007. – Режим доступа: <https://blog.codinghorror.com/meet-the-inventor-of-the-mouse-wheel/>

УДК:004

## **ИНТЕГРАЦИЯ И ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПЕДАГОГИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ**

*О. В. Осипова, А. С. Сивко*

*УО “Полесский Государственный университет”, город Пинск*

В эпоху, предшествующую широкому распространению информационных ресурсов в школах, обучение оказывалось под влиянием традиционных методов, которые опирались на основные инструменты и ресурсы. Учебники занимали центральное место в учебном процессе, служа ключевым источником информации для учеников.

Доски, атласы, и наглядные пособия, такие как карты, становились важными средствами для визуализации и конкретизации учебного материала. Эти элементы создавали обучающую среду.

Образовательные практики опирались на традиционные методы преподавания, такие как лекции, групповые обсуждения и демонстрации на доске. Роль учителя несомненно является ключевой, и их личный опыт и профессионализм всегда играли важную роль в формировании учебного процесса.

Внедрение информационных технологий в практику обучения открывает новые возможности для создания интерактивных и привлекательных уроков. Можно привести примеры технологий, которые учителя используют в своей практике:

1. **Интерактивные доски:** Учителя могут использовать интерактивные доски, чтобы визуализировать учебный материал с помощью графиков, диаграмм, видео и других мультимедийных элементов. Они могут создавать интерактивные задания, где студенты могут взаимодействовать с доской, решая задачи или участвуя в викторинах.

2. **Онлайн-ресурсы и электронные учебники:** Учителя могут использовать онлайн-ресурсы и электронные учебники для предоставления ученикам дополнительных материалов и обучающих задач. Это может включать видеуроки, интерактивные упражнения и тесты, аудио-материалы и дополнительные статьи.

3. **Образовательные приложения:** Существует множество приложений, которые помогают учителям и ученикам в процессе учебы (Blackboard, Moodle

и Sakai). Некоторые приложения предлагают упражнения и задания для тренировки навыков математики, чтения и письма, а другие предоставляют доступ к словарям, энциклопедиям и другим образовательным ресурсам.

4. Веб-конференции и учебные платформы: Учителя могут использовать веб-конференции и учебные платформы, чтобы проводить дистанционные уроки и взаимодействовать с учениками (Team's, Skype, Zoom). Это позволяет объединить учеников из разных мест и обеспечить обратную связь в режиме реального времени.

5. Аналитика обучения: Специальное программное обеспечение позволяет учителям отслеживать прогресс учеников, анализировать их успеваемость и выявлять области, требующие дополнительного внимания (например, Электронная школа). Это помогает учителям адаптировать свой подход и индивидуально подходить к потребностям каждого ученика.

6. Социальные медиа: Социальные медиа вносят изменения в образование, обеспечивая общение через информационно-коммуникационные технологии (ИКТ). Системы виртуального присутствия, включая социальные медиа, усиливают социальное взаимодействие удалённых пользователей и подчёркивает необходимость медиаобразования. Это обогащает учебные планы, развивает социальные навыки, критическое мышление и творческий потенциал учеников. Социальные медиа стимулируют совместную работу, любознательность и обмен знаниями в образовательной среде.

7. Облачные технологии: Эти технологии позволяют предоставлять образовательные услуги через Интернет, обеспечивая учащихся и учителей доступом к удалённым центрам обработки данных. Облачные технологии предоставляют вычислительные ресурсы, такие как устройства хранения информации и процессоры, объединённые и распределённые динамически между пользователями.

Быстрый технологический прогресс открывает еще больше возможностей для активного и эффективного обучения. Важно для учителей развивать свои навыки использования информационных технологий и осознанно внедрять их в учебный процесс для достижения лучших результатов.

В таблице представлена сравнительная характеристика традиционных методов обучения и методов с использованием информационных технологий.

**Таблица 1 – Сравнительная характеристика**

	Преимущества	Недостатки
Традиционные методы обучения	<p>Непосредственное взаимодействие: Учитель может непосредственно работать с учениками, отвечать на их вопросы и оказывать поддержку.</p>	<p>Ограниченность доступа к информации: Ученикам может быть предложен только ограниченный объем материала, доступный в учебниках или учебных пособиях.</p>
	<p>Укоренные методы: Традиционные методы, такие как доска и рукописные материалы, могут быть удобными для некоторых учащихся.</p>	<p>Малая взаимодействие и адаптивность: Учитель проводит урок в соответствии со стандартным планом и прогрессией, не учитывая индивидуальные потребности учеников.</p>
	<p>Развитие коммуникативных навыков: Традиционные методы могут способствовать развитию ученической коммуникации и сотрудничества.</p>	<p>Ограниченные возможности визуализации: Отсутствие интерактивных инструментов может затруднять понимание сложных концепций.</p>
		<p>Ограниченная обратная связь: Возможности для мгновенной или персонализированной обратной связи учитель-ученик ограничены.</p>
Методы с использованием информационных технологий	<p>Широкий доступ к информации: Учащиеся могут получить доступ к большому объему актуальной информации из разных источников.</p>	<p>Ограниченный доступ к технологии: В некоторых районах ограниченный доступ к компьютерам или подключению в интернет может быть проблемой для некоторых учеников и учителей.</p>
	<p>Интерактивность и визуализация: Использование мультимедийных инструментов может помочь лучше визуализировать сложные концепции и сделать обучение более привлекательным и интересным.</p>	<p>Опасность отвлечения: Использование технологий может привести к отвлекающим факторам, которые могут затруднить усвоение материала.</p>

**Продолжение таблицы 1**

	<p>Адаптивность и индивидуализация: Учителям предоставляются инструменты для адаптации обучения к индивидуальным потребностям учеников и предоставления персонализированной обратной связи.</p>	<p>Необходимость дополнительного обучения: Учителям могут потребоваться дополнительные знания и навыки для эффективной работы с информационными технологиями.</p>
	<p>Развитие навыков цифровой грамотности: Использование информационных технологий помогает ученикам развивать навыки, необходимые для успешной работы в цифровой эпохе</p>	

В данной статье мы рассмотрели интеграцию и влияние информационных технологий в педагогическую деятельность. Использование информационных технологий в образовании представляет собой важную тенденцию, которая приводит к множеству преимуществ, повышению качества и эффективности образовательного процесса.

**Гибкость** — информационные технологии обеспечивают возможность гибкой адаптации учебного материала и учебных программ под индивидуальные потребности каждого ученика.

**Модульность** — информационные технологии позволяют структурировать образовательный материал в виде модулей, что упрощает его использование.

**Доступность** — информационные технологии улучшают доступность образования, позволяя получить знания в любом месте и в любое время.

**Рентабельность** — использование информационных технологий в педагогической деятельности может сократить затраты на использование традиционных учебных материалов.

**Мобильность** — информационные технологии обеспечивают возможность обучения на расстоянии и позволяют ученикам получать знания, используя мобильные устройства.

**Технологичность** — использование информационных технологий в педагогической деятельности способствует развитию технологических навыков и компетенций учащихся.

**Социальное равноправие** — информационные технологии создают равные возможности для всех учащихся независимо от их социального статуса, финансового положения или места проживания.

Интернациональность — информационные технологии способствуют глобализации образования и создают возможности для сотрудничества между учебными заведениями разных стран.

Всё это открывает новые возможности для развития образования и повышения его качества в цифровой эпохе.

Список литературы:

1. Информационные и коммуникационные технологии в образовании: учебно-методическое пособие; под ред. И.В.Роберт. — М.: Дрофа, 2008. — 312 с.
2. Полат Е.С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования: учебное пособие для студентов вузов. — 2-е изд., стер. / Е.С. Полат, М.Ю.Бухаркина. — М.: Академия, 2008. — 368 с.

УДК 004.415.2

## **СИСТЕМА ОБНАРУЖЕНИЯ АКАДЕМИЧЕСКОГО ПЛАГИАТА В ПРОГРАММНЫХ ПРОЕКТАХ**

*Е. С. Палто, В. С. Разумейчик*

*Брестский государственный технический университет, г. Брест*

Плагиат — умышленное присвоение чужого авторства, выдача произведения науки или искусства, технического решения или изобретения за свое. Плагиат выражается в публикации под своим именем чужого произведения, а также компиляции результатов чужих исследований без указания источников заимствования. Академический плагиат — фальсификация учебных, исследовательских и квалификационных работ. Его совершают не для коммерческой эксплуатации чужого произведения, а для повышения статуса в академическом сообществе, нарушая таким образом этические стандарты академической честности.

Система обнаружения академического плагиата является вспомогательным инструментом, позволяющим сделать экспертную оценку более объективной.

В учебном процессе применение систем обнаружения плагиата имеет свою специфику. В дисциплинах, предполагающих закрепление полученных знаний в ходе выполнения типовых лабораторных работ и/или курсовых проектов, связанных с написанием программ, возникает проблема выявления академической нечестности, связанной с полным или частичным копированием работ других студентов. Проблема актуальна и для дипломных проектов, а также магистерских работ, хоть они и не являются типовыми: существующие системы антиплагиата хорошо применимы лишь к тексту пояснительной записки, в то время как оригинальность разработанного программного кода имеет не меньшую значимость.

К типовым процедурам обнаружения заимствований относятся следующие [1]:

- канонизация (нормализация) текста – исключение некоторых символов и их последовательностей (знаки препинания, цифры, смайлы, скобки, кавычки, пробелы, управляющие символы и т. д.), а также слов, не несущих смысловой нагрузки (предлоги, союзы, междометия, стоп-слова);

- стемминг и лемматизация – приведение словоформ и производных слов к общей форме, что дает возможность распознавать замаскированный плагиат;

- сравнение текстов с использованием различных методов: метод шинглов и его модификации, методы сигнатур, индексирования, контрольных сумм, опорных слов и др.

Приведем основные способы, используемые студентами, чтобы замаскировать (скрыть) в программных проектах факты заимствований фрагментов программного кода:

- написание или редактирование комментариев к фрагментам программы – самый простой и быстрый способ видоизменения программы, не требующий знания языка программирования;

- изменение идентификаторов переменных, функций и т.д. – чуть более сложный для студента путь, требующий минимальных знаний синтаксиса языка программирования;

- изменение порядка размещения фрагментов кода, удаление фрагментов кода – способ, требующий уже специальных навыков программирования;

- смешанный способ – использование двух и более перечисленных выше.

Помимо разработки эффективных алгоритмов обнаружения заимствований фрагментов программных кодов задача заключается также в необходимости создания базы данных программных кодов и организации быстрого поиска в ней.

В основе разработанной программы обнаружения плагиата лежит вычисление расстояния Левенштейна (редакционное расстояние, дистанция редактирования). Расстояние Левенштейна – широко используемая в теории информации и компьютерной лингвистике метрика, измеряющая по модулю разность между двумя последовательностями символов. Программа находит в базе данных программных кодов наиболее похожие строки, определяя наименьшее расстояние Левенштейна для данного кода.

Анализируемые программные коды могут быть представлены в виде исходного текста программы. Включение в алгоритм этапа предварительной обработки – удаление из программного кода всех комментариев – позволяет сделать систему нечувствительной к ним.

Для сокращения временных затрат на анализ строк целесообразно представление исходного текста программы в виде AST-строки.

Представление программного кода в виде AST (абстрактное синтаксическое дерево) позволяет работать с кодом как с деревом (узлами которого являются операторы и выражения, а листья – константы и идентификаторы), автоматически очищая его от комментариев и пустых строк. Таким образом, программный код преобразуется в структуру, которая во много раз меньше по объёму, чем сам

исходный код, что значительно ускоряет работу системы. Кроме того, это даёт возможность проводить глубокий сравнительный анализ.

Для ускорения работы системы был реализован подход обработки AST-строки, когда в ней происходит замена всех идентификаторов на "стандартные" имена переменных (например, a, b, c) и функций (например, f\_1, f\_2).

Для организации быстрого поиска в базе данных программных кодов разработана ее иерархическая структура, представленная на рисунке 1.

База данных должна проектироваться с учетом возможных направлений ее применения, включая проверку лабораторных, практических и курсовых работ, дипломных проектов и магистерских диссертаций. В качестве примера приведена структура базы данных программных кодов лабораторных работ, разработанная для задач БрГТУ. Одним из ключевых моментов является отсутствие строгого разделения на специальности. Это решение обусловлено тем, что в различных образовательных программах существуют общие дисциплины. При этом различные специализации могут иметь разное время начала и завершения изучения одной и той же дисциплины.

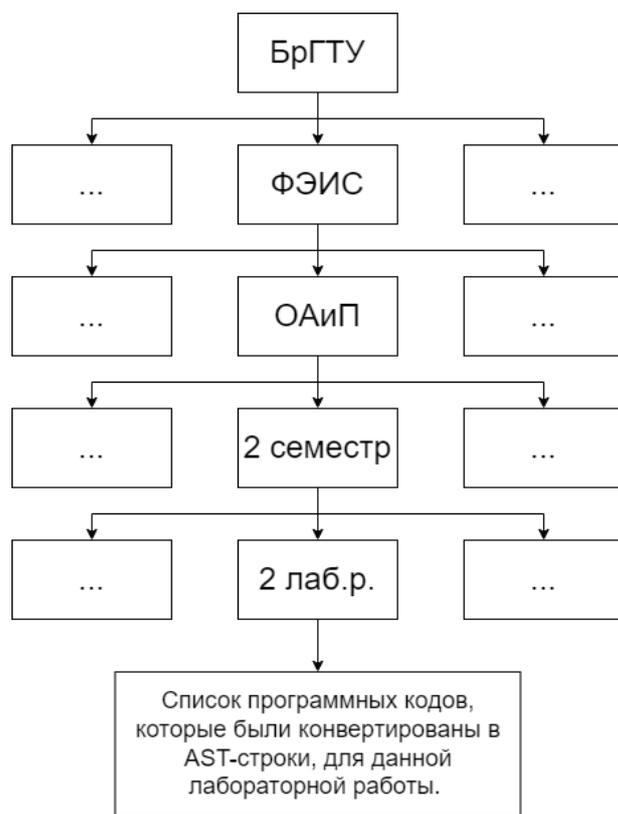


Рисунок 1 – Структура базы данных системы обнаружения академического плагиата в программных проектах

При необходимости, отдельные базы данных могут быть с лёгкостью объединены в одну.

Важно отметить, что линейный список AST-строк для каждой лабораторной работы по мере наполнения базы данных возрастает, алгоритмическая сложность поиска в нем составляет  $O(n)$ . Но за счёт древовидной структуры представленной выше базы данных снижается скорость нахождения нужного списка с AST-строками, что оптимизирует работу данной системы.

Разработанная система обнаружения плагиата учитывает различные способы видоизменения программного кода, написанного на языке Python. Система протестирована на работоспособность, наилучшую точность обнаружения плагиата показал алгоритм сравнения программных кодов, предварительно преобразованных в AST-строки.

### Список литературы:

1. Пунчик, В.Н. Поликонтекстный анализ феномена «плагиат» в информационном обществе / В.Н. Пунчик, З.В. Пунчик // Социология – 2016. – № 1. – С. 83-91.

УДК 004.43+81.33+026.06

## БИБЛИОТЕКА ЭЛЕКТРОННЫХ ДОКУМЕНТОВ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В РЕЖИМЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ С САМООБСЛУЖИВАНИЕМ

*Я. А. Примак*

*Гродненский государственный университет имени Янки Купалы, Гродно  
Научный руководитель: А. М. Кадан, кандидат технических наук, доцент*

Базы знаний с самообслуживанием в настоящее время набирают популярность. Под этим термином подразумевают централизованный и структурированный сборник информации определенного направления - о продукте, услуге, отделе или теме. Иногда такую базу называют базой знаний по обслуживанию клиентов или базой знаний службы поддержки клиентов. Часто она имеет возможности поиска и содержит практические советы и инструкции, которые помогают клиентам — внутренним или внешним — решать проблемы, не обращаясь в службу поддержки.

Следуя указанной тенденции, в рамках междисциплинарного проекта в Гродненском государственном университете имени Янки Купалы было решено создать библиотеку электронных документов с возможностью использования в режиме базы знаний с самообслуживанием.

В работе использованы принципы построения баз знаний с самообслуживанием, а также реализован прототип поискового алгоритма. Его особенность в том,

что он обеспечивает возможности более точного поиска, в том числе и по содержанию книги, преобразованному согласно технологиям NLP (обработки естественных языков).

В состав электронной библиотеки входят различные разделы, включая каталоги, списки литературы, метаданные, краткие описания и полные тексты документов.

Так как библиотека является ведомственной (университетской), то доступ к ее сайту и материалам предоставляется только авторизованным пользователям, зарегистрированным пользователям, зарегистрированным в едином информационном пространстве университета. Также, из-за требований соблюдения авторского права, доступ к материалам сайта разрешен только из локальной сети университета.

Согласно концепции решения на сайте электронной библиотеки присутствуют такие роли пользователей, как Студент, Преподаватель и Модератор.

Основные функциональные возможности группы пользователей **Студент**:

- Искать книгу,
- Просматривать информацию о книге,
- Скачать (читать) книгу,
- Ставить лайк и/или оставлять комментарий,
- Формировать список Избранное.

Основные функциональные возможности группы пользователей **Преподаватель** такие же как у группы **Студент**. За исключением возможности «Формировать подборки книг для подготовки студентов». Также имеет возможность просматривать статистику о пользователях и о рейтинге книг (как часто просматривали, скачивали, количество лайков, комментариев).

**Модератор**, кроме указанного выше, может совершать все CRUD-операции с книгами.

Для разработки электронной библиотеки была выбрана платформа CMS Joomla, так как она имеет все необходимые функции для управления контентом, пользовательскими аккаунтами и доступом, а также широкие возможности для настройки и расширения функционала [1]. Соответственно, для хранения данных проекта используется СУБД MySQL.

В традиционной библиотеке поиск необходимого издания ведется по конечному набору реквизитов «библиотечной карточки» (автор, название, издательство, год выпуска и т.п.). Информация из «библиотечной карточки», содержащей краткое, в 1-2 предложения, описание содержания книги используется пользователем только в ознакомительных целях, не участвуя в поисковом запросе и позволяя пользователю более точно выбрать нужную книгу из предложенной поисковой выдачи.

Из вышеописанного следует, что атрибутов книги, традиционно используемых для поиска, категорически недостаточно для решения задачи поиска в базе данных с самообслуживанием. Важно выделить и структурировать дополнительные данные о книгах, авторах, жанрах и оглавлении таким образом, чтобы они были легко доступны и индексируемы для поиска.

Ключевой особенностью проекта является «умный» поиск, реализация которого включает применение систем интеллектуального анализа текстов.

Предварительная подготовка информации предполагает Извлечение оглавления электронного издания, которое включает сканирование (фотографирование) оглавления, распознавание текста оглавления, очистку и форматирование полученного текста. Контекстная единица в этом случае – содержание главы.

Также в ходе предварительной подготовки информации оглавления выполняется токенизация по предложениям, токенизация по словам, удаление стоп-слов, лемматизация и стемминг текста. Кратко их суть в следующем. **Удаление стоп-слов** - иногда одних слов в тексте больше, чем других, к тому же они встречаются почти в каждом предложении и не несут большой информативной нагрузки. Такие слова являются шумом для последующего глубокого обучения и называются стоп-словами. **Стемминг** – уменьшает разнообразие морфологической структуры информации. Так слова «начальный» и «начальное» имеют тот же смысл, но разную форму, например, «начальное значение» и «начальное приближение». Поэтому для машинного обучения и анализа лучше привести их к одной форме для уменьшения размерности. В частности, стемминг опускает окончания слова. **Лемматизация** - над словом проводится морфологический анализ с целью выявить его начальную форму. Например, «хочу», «хотят», «хотели» сводятся к начальной форме «хотеть» [3].

Как и задачи нормализации текста, задачи построения n-грамм также решаются с использованием методов на основе технологий NLP (Natural Language Processing, обработка естественных языков) [2].

Для дальнейшей обработки производится сборка содержимого контекстных единиц, предполагающая построение связных структур, объединяющих название книги, название главы, название параграфа, название раздела параграфа. Поиск в режиме базы знаний с самообслуживанием будет производиться алгоритмами нахождения в пространстве структур оглавления минимального расстояния между запросом пользователя и данными оглавлений электронных книг.

В проекте, в дополнении к NLP, используется технология векторного представления слов — **word2vec**. Word2vec позволяет получить и использовать числовые представления слов, рассматривая слова, окружающие данное слово. Он изучает значение слова, просматривая его контекст и представляя его численно. Основная идея Word2Vec заключается в том, чтобы преобразовать слова в векторы в n-мерном пространстве таким образом, чтобы близкие по смыслу слова имели близкие векторные представления [4].

Для организации поиска, наряду и традиционным методом сравнения запроса и данных оглавлений, используются несколько методов, в том числе методы, основанные на сравнении строк, на вычислении расстояния Левенштейна, а также методы, основанные на технологии векторного представления слов.

В заключение необходимо отметить, что электронная библиотека становится важным элементом современной образовательной среды факультета математики и информатики Гродненского государственного университета им. Янки Купалы, обеспечивая удобство и доступность современной ИТ-литературы для студентов и преподавателей.

### Список литературы

1. Обзор функционала Joomla! [Электронный ресурс] / Сайт проекта Joomla!. – URL: <https://joomla.ru/docs/articles/cms-joomla/1821-joomla-opportunities> (дата обращения: 08.11.2023).
2. Малюшкин, Р. NLP для людей. Часть 1 [Электронный ресурс] / Р. Малюшкин // Medium – Where good ideas find you. – URL: <https://medium.com/stseusp/nlp-for-people-1-c9b54ffce13f> (дата обращения: 09.11.2023).
3. Котюбеев, Р. Предобработка текста в NLP [Электронный ресурс] / Р. Котюбеев // PYTHON SCHOOL. – URL: <https://python-school.ru/blog/nlp-text-prepro-g716754540> (дата обращения: 09.11.2023).
4. Mikolov, Tomas; et al. Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space [Электронный ресурс] / arXiv.org e-Print archive. – URL: <https://arxiv.org/pdf/1301.3781> (дата обращения: 08.11.2023).

УДК 004.8

## ПОСТРОЕНИЕ СВЕРТОЧНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ С ПОМОЩЬЮ БИБЛИОТЕКИ PYTORCH

*И. В. Савицкий*

*“Гродненский государственный университет им. Янки Купалы”, г.Гродно  
Научный руководитель: И. Б. Просвирнина, кандидат  
физико-математических наук, доцент*

Сверточные нейронные сети (CNN) являются мощным инструментом для анализа и распознавания изображений. Они могут быть применены во множестве сфер человеческой жизни, где требуется классификация объектов или процессов по определенным критериям. Особый интерес представляет их применение в медицине, где большой объем данных и сложные взаимодействия между переменными способствуют эффективной моделированию с помощью глубокого обучения. Использование CNN в анализе медицинских изображений и сигналов позволяет достичь высокой точности диагностики и улучшить качество медицинской практики.

Для поиска наборов данных будем использовать платформу Kaggle. Выберем датасет Chest X-Ray Images (Pneumonia), организованный в 3 папки (train, test, val) и содержащий подпапки для каждой категории изображений (пневмония/норма). Имеется 5863 рентгеновских изображения (JPEG) и 2 категории (пневмония/норма).

Приступим к этапу загрузки, очистки и организации данных. Импортируем все необходимые для глубокого обучения библиотеки, такие как `numpy`, `torch`, `torchvision`, `pandas`, `pathlib`, `matplotlib`.

Зададим последовательность необходимых преобразований, используя объекты класса `Compose` из библиотеки `torchvision.transforms`. По умолчанию изображения имеют 3 канала (RGB) и для упрощения построения модели сделаем их черно-белыми (1 канал). Также уменьшим размер изображения до размера 60 на 60 пикселей. Также к выборкам применим аугментацию данных. Аугментация выполняется с использованием алгоритма `TrivialAugment`, который случайным образом изменяет яркость, контраст, насыщенность и цвет изображений. `transforms.ToTensor()` преобразует входное изображение или видео из формата PIL (Python Imaging Library) в формат тензора PyTorch. Он также нормирует тензор к диапазону значений от 0 до 1, деля все значения пикселей на 255.

Загрузим данные. При загрузке применим трансформацию. Данные датасета уже поделены на тренировочные, валидационные и тестовые.

Для глубокого обучения для бинарной классификации снимков мы будем использовать модель, созданную по подобию VGG16. VGG16 — это архитектура сверточной нейронной сети, достигающая точности 92.7% - топ-5, при тестировании на ImageNet в задаче распознавания объектов на изображении. Архитектура модели VGG16 включает 16 слоев, включая 13 сверточных слоев и 3 полносвязных слоя.

Математический подход к определению сверточных нейронных сетей включает использование свертки, операции `max-pooling`, активационных функций и алгоритма прямого и обратного распространения ошибки.

Свертка - это математическая операция, которая плавно перемещает одну функцию по другой и измеряет интеграл их точечного умножения. В PyTorch свертка реализована с помощью `nn.Conv2d()` со следующими параметрами: `in_channels(int)` - количество каналов во входном изображении, `out_channels(int)` - количество выходных каналов, созданных сверткой, `kernel_size(int or tuple)` - размер сворачиваемого ядра/фильтра, `stride(int or tuple, optional)` - насколько большой шаг выполняет свертывающее ядро.

`Max-pooling` - операция в сверточных нейронных сетях, которая выполняет субдискретизацию изображения путем выбора максимального значения из каждого окна области на изображении и присваивания этого значения новому пикселю на выходе. Применяется после сверточных слоев, чтобы уменьшить количество параметров модели и предотвратить переобучение. Отрицательным эффектом `max-pooling` может быть потеря некоторой информации о местоположении объектов на изображении.

Активационные функции в сверточных слоях обычно являются нелинейными, например, `rectified linear unit (ReLU)`, которая обнуляет все отрицательные значения, а положительные оставляет без изменений.

Алгоритм прямого распространения - это алгоритм машинного обучения, который используется в нейронных сетях для расчета выходных значений на основе входных данных. При работе нейронной сети, входные данные, которые

представлены в виде вектора, передаются через каждый узел сети, где происходит вычисление значений. Результат вычислений передается на вход следующего узла, и процесс продолжается до вычисления выходного значения нейронной сети.

Алгоритм обратного распространения - это алгоритм машинного обучения, который используется для обучения нейронных сетей путем корректировки весов на основе вычисленной ошибки между предсказанными и реальными значениями.

Для обучения модели существуют функции потерь, основной задачей которых является минимизация ошибок между фактическими и предсказанными значениями в процессе обучения. Для обновления параметров модели в процессе обучения с целью минимизации функции потерь необходимы особые алгоритмы - оптимизаторы. Они определяют, как модель должна обновлять веса и смещения в процессе обучения, чтобы достичь наилучшего качества предсказаний.

Существует множество реализаций функций потерь в зависимости от задачи машинного обучения и типа предсказаний модели. В нашей модели будем использовать BCE Loss. Binary Cross-Entropy Loss - используется в задачах бинарной классификации, когда необходимо получить вероятность принадлежности к одному из двух классов.

В качестве оптимизатора для нашей модели будем использовать SGD. Стохастический градиентный спуск (SGD) - наиболее распространенный оптимизатор, который использует градиент для обновления параметров. Для оценки качества модели выберем метрику ассигасы. Ассигасы (точность) - мера того, насколько хорошо модель правильно классифицирует данные.

Теперь приступаем к построению собственной модели на основе уже рассмотренной ранее VGG16. По архитектуре она будет представлять собой уменьшенную и упрощенную копию своего «донора», чтобы модель не переобучалась из-за слишком усложненной и громоздкой архитектуры, которой по своей сути VGG16 и является для данного набора данных.

Начнем с инициализации модели. Для большей гибкости модели создадим подкласс `nn.Module`. Для него необходимо описание функции `forward()`. Создадим все экземпляры всех слоев, и затем воспользуемся всеми этими экземплярами один за другим в функции `forward()`. Всего модель `EightModel` содержит два сверточных слоя (`Conv2d`), и два полносвязных (`Linear`). В первом сверточном слое имеем только один входной канал, т.к. на вход подаются черно-белые снимки, размер ядра указываем 3 на 3, `padding` присвоим 1, чтобы центр ядра попадал на каждый пиксель, в том числе и на крайние, размер шага также сделаем равным 1. Далее применяем операцию батч-нормализации (`BatchNorm2d`), которая снизит риск переобучения и ускорит процесс обучения за счет более быстрого схождения данных. После применим функцию активации `nn.ReLU()` и наконец используем операцию `Max Pooling` для уменьшения размерности данных в 2 раза и извлечения наиболее значимых признаков из исходных данных. В полносвязном слое применим `nn.Flatten()` для выпрямления многомерного

массива в одномерный вектор, `nn.Dropout()` для зануления (отключения) случайных нейронов на каждой итерации обучения для улучшения обобщающей способности модели, и также функцию активации `nn.ReLU()`.

Таким образом входящее изображение размерностью проходит следующие преобразования:  $1 * 60 * 60 \Rightarrow 8 * 30 * 30 \Rightarrow 8 * 15 * 15 \Rightarrow 1800 \Rightarrow 100 \Rightarrow 2$ .

После инициализации модели следующим шагом определим функцию для обучения модели в цикле на тренировочной выборке и вычисления значения функции потерь и метрики точности на каждой эпохе обучения. Сначала настроим модель в режим обучения. На каждой эпохе, данные подаем в модель и полученное предсказание используется для вычисления значения функции потерь. Затем градиенты обнуляются и выполняется обратное распространение ошибки. Оптимизатор используется для обновления параметров модели. Наконец, метрика точности вычисляется для каждого батча данных. После прохода по всем батчам данных для каждой метрики вычисляется среднее значение. Функция возвращает среднее значение функции потерь и точности на всех батчах.

Следующим шагом определим функцию, которая выполняет обучение модели в цикле, вычисляя значения функции потерь и точности на тренировочных, валидационных и тестовых выборках для каждой эпохи обучения. На вход функции подаются необходимые параметры для обучения и тестирования модели, определение функции потерь, её параметры и число эпох обучения. В цикле создается словарь для хранения результатов. В каждой эпохе происходит обучение модели на тренировочных данных, проверка производительности модели на валидационных данных и оценка качества модели на тестовых данных. Результаты выводятся на экран и обновляются в словаре. После прохода по числу эпох функция возвращает словарь с результатами.

Для начала обучения осталось лишь запустить тренировочную функцию. Тут же укажем количество эпох – 30, создадим экземпляр `model_exemplar` класса `EightModel`, установим функцию потерь (`loss_fn`) - кросс-энтропию и оптимизатор - стохастический градиентный спуск (SGD). Результаты работы функции `train_function()` присвоим переменной `model_exemplar_results`.

Таким образом мы обучили нашу модель до точности 88-90% на всех выборках, что можно считать приемлемой точностью. Это значит, что по 9 из 10 снимков мы получим правильно поставленный диагноз. Модель не преодолела порог в 90% точности. Остановимся на этом результате.

## Список литературы

1. Стивенс Эли, Антига Лука, Виман Томас C80 PyTorch. Освещая глубокое обучение. — СПб.: Питер, 2022. — 576 с.
2. Жерон, Орельен. Прикладное машинное обучение с помощью Scikit-Learn и TensorFlow: концепции, инструменты и техники для создания интеллектуальных систем. Пер. с англ. - СПб.: ООО "Альфа-книга": 2018. - 688 с.

## ТРАМВАЙ НА БАЗЕ КАССЕТНО-КОНВЕЙЕРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ГОРОДСКИХ СКОРОСТНЫХ ПЕРЕВОЗОК

*Н. И. Уваров*

*Научный руководитель: к. т. н., доцент В. Н. Шуть*

Трамвай — уличный рельсовый вид транспорта с общим или обособленным путевым полотном в основном наземного исполнения. Отличается большими затратами в путевые сооружения. Вследствие связи с рельсовой колеей подвижной состав трамвая характеризуется нулевой маневренностью.

Основными типами перспективных трамвайных поездов в настоящее время считают четырехосные вагоны большой вместимости для одиночной работы и в поездах по системе многих единиц.

Есть два вида трамваев, которые широко используются в мировой практике. Первый вариант это односекционный трамвай большой емкости модели 802 производства ОАО «Управляющая компания холдинга «Белкоммунмаш», предназначенный только для одиночной работы. Большая пассажироместимость данного трамвая (165 человек) позволяет эксплуатировать его на маршрутах средней и высокой интенсивности.

Вторым вариантом расширения емкости, а, следовательно, и числа перевозимых пассажиров является использование многосекционных трамваев. Как первый, так и второй варианты широко используются в мировой практике. Но имеется и третий вариант расширения объема транспортного средства, заложенный в кассетно – конвейерную технологию. Это система Project SARTRE, когда отдельные автономные секции (инфобус) связаны между собой виртуально, что позволяет варьировать число перевозимых пассажиров в широких пределах. Это важнейший атрибут кассетно – конвейерной технологии.

Обычный трамвай характеризуется низкими скоростями сообщения, создает помехи движению автотранспорта на перекрестках и задержки у остановочных пунктов. Скоростной трамвай рассматривают теперь как новый вид транспорта, хотя по своим конструктивным особенностям он близок к обычному, разница состоит лишь в том, что линии скоростного трамвая прокладывают в перегруженных центрах городов под землей, а в остальных местах на эстакадах или на огражденном обособленном полотне с пересечениями преимущественно в разных уровнях.

При использовании подвижного состава большой вместимости (шарнирно-сочлененных и четырехосных вагонов, работающих поездами из двух-трех вагонов по системе многих единиц) провозная способность скоростного трамвая может достигать 25 тыс. пасс/ч в одном направлении, т.е. примерно вдвое превышать провозную способность линий обычного трамвая.

Скоростной трамвай перспективен как скоростной вид транспорта в больших городах с населением более 250 тыс. человек на направлениях

с пассажиропотоком до 25 тыс. пасс/ч (в одном направлении) для связи городских центров с местами массового тяготения населения. В этих условиях он имеет преимущества перед метрополитеном вследствие меньшей стоимости сооружений при высокой провозной способности. При достаточно развитой маршрутной системе трамвай обеспечивает более удобные условия проезда пассажирам вследствие уменьшения пересадочности и более высокой скорости сообщения в передвижениях, особенно на короткие расстояния.

Пассажирский рельсовый транспорт более прост в управлении, чем автомобиль – ходит по заданному маршруту, ему не требуется перестроение по полосам движения. Поэтому, полностью автономное движение на рельсовом транспорте, технически быстрее достижимо чем на автомобильном.

Siemens представила первый в мире беспилотный трамвай. 4 сентября 2018 года Siemens и его партнер ViP Verkehrsbetrieb Potsdam представили, как утверждают компании, первый в мире беспилотный трамвай. Его планируется испытать в условиях реального дорожного движения на участке длиной 6 км в немецком городе Потсдам в рамках мероприятия InnoTrans 2018, которое будет проходить с 18 по 21 сентября 2018 года.

Петербург стал первым российским регионом, который массово внедрил отечественные технологии ИИ в сферу общественного электротранспорта, сообщила Ольга Ускова, генеральный директор Cognitive Pilot, специализирующейся на разработке беспилотных систем на транспорте (дочернее предприятие Сбера и Cognitive Technologies).

Первая партия умных трамваев состоит из 138 машин. В соответствие с графиком поставки, до конца ноября 2023 года их производитель, «ПК Транспортные системы», передаст «Горэлектротрансу» 77 двухсекционных трамваев «Богатырь М» и 61 трехсекционных трамваев моделей «Витязь М» и «Невский».

Минск опоздал более чем на столетие от передовых стран Европы по созданию скоростного трамвая. Вопрос по скоростному трамваю до сих пор находится на стадии проекта. Пока только определена схема прокладки первой скоростной трамвайной трассы в столице. В соответствии с Генпланом развития города и рельсовых видов пассажирского транспорта 2016 года она пройдет от микрорайона

Сухарево до железнодорожного вокзала. Ее протяженность составит 9,4 км.

Развитие информационных технологий, и в особенности, искусственного интеллекта, позволяет пересмотреть концепцию организации и управления современным городским транспортом [1-4]. Будущее за автоматическим транспортом. Скоро на улицах городов появятся новые высокоэкономичные системы общественных автоматических перевозок [5-7].

Роботизированная, рельсовая городская транспортная система (суперскоростной трамвай) массовой конвейерной перевозки пассажиров это создание нового цифрового автоматического типа транспорта, в контуре управления которого человек отсутствует, способного перевозить в городской улично-дорожной среде количество пассажиров, сравнимое с метро [8-10].

Основным недостатком скоростного трамвая является недостаточно высокая скорость движения (30 км./час.) и, следовательно, невозможность повысить провозную способность этого вида транспорта за счет скорости движения. Это ограничение носит принципиальный характер и его нельзя обойти, как и в метро, пределом скорости является 42 км./ час. Связано это с основным и неизбежным атрибутом всякого городского транспорта: делать остановки на каждом остановочном пункте маршрута [11].

Самым существенным недостатком транспортной системы «скоростной трамвай» является отсутствие точной, объективной информации в режиме реального времени о мощности пассажиропотока на маршруте, что препятствует принятию оптимальных решений по выводу на маршрут такого количества транспортных единиц, чтобы покрыть этот пассажиропоток. Поэтому зачастую трамваи либо перегружены, либо недогружены.

Мы предлагаем систему суперскоростных трамваев: Средняя скорость движения кассет в таком виде трамвая на трассе составляет 100 км./час при максимальной скорости на некоторых участках маршрута до 150 км./час. Кассеты движутся одиночно, либо в сборке от 2 до 6 инфобусов. Соединение в сборке виртуальное с межкассетным расстоянием 200 мм. Небольшие перекрестки кассетные сборки пересекают согласно сигналам светофора, с которым они вступают во взаимодействие, приближаясь к перекрестку. Большие, насыщенные транспортом перекрестки кассета пересекает, либо по эстакаде, либо по подземному тоннелю.

Пересечение некоторых напряженных перекрестков выполняется по эстакадам. Перед эстакадой скорость первого инфобуса в кассете не снижается, в то время как остальная часть кассеты понижает скорость. Таким образом, перед эстакадой кассета «рассыпается» на отдельные инфобусы, чтобы число одновременно находящихся на эстакаде инфобусов не превышало заданного уровня. За этим следит управляющий комплекс (сервер) системы. На каждом несущем перекрытии эстакады в любой момент времени находиться не более, заданного числа инфобусов. Этим обеспечивается легкость, ажурность конструкции эстакады, гармонично вписывающейся в городской пейзаж.

По подземному участку пересечения перекрестка инфобусы в кассете движутся в едином строю. Причем подземный тоннель более узкий, нежели чем для обычного трамвая, так как сам инфобус имеет небольшую ширину 1524 мм., как рельсовая колея. Это сильно экономит дорожное улично – дорожное пространство. Две колеи по 1524 мм и плюс 52 мм. расстояния между ними (1524+1524+52=3100мм., или 3.1 метра) составляют пространство движения кассет по двум направлениям.

Суперскоростной трамвай (инфобус) имеет следующие размеры: длина-7000мм (7 метров), ширина – 1524мм, высота – 2500мм. Имеет по три двери с каждой стороны размером по 1000мм. Удельный вес дверей по отношению к длине инфобуса довольно высокий и составляет  $3/7=0.43$ , что способствует

более быстрой загрузке и выгрузке пассажиров из салона транспортного средства. Последнее сокращает время нахождения транспортного средства на остановочном пункте, а, следовательно, увеличивает среднюю скорость сообщения.

Мест для сидения в суперскоростном инфобусе минимальное (2-5). Связано это с тем, что маршрут в одну сторону в 10 км. он проезжает за 6 минут при средней скорости 100 км./час. Среднее время нахождения пассажира в инфобусе составляет 3 минуты. Не успеешь присесть, как надо вставать. Расчетная плотность пассажиров в инфобусе максимальная и составляет 8 пасс./м<sup>2</sup>. Связано это также с незначительным временем нахождения пассажира в инфобусе.

#### **Список цитированных источников:**

1. Шуть, В.Н. Информационная транспортная система массовой конвейерной перевозки пассажиров / В.Н.Шуть, Л.Персия, Г.Джустуани.// «Искусственный интеллект № 1-2, 2015: Киев: ИПИИ «Наука і освіта», 2015. – С. 213–221.

2. Глущенко, Т.А. Инфобус – новый тип интеллектуального транспорта для внутригородских пассажирских перевозок / Т.А. Глущенко, В.В.Касьяник, Е.Е.Пролиско, В.Н. Шуть. Вестник Брестского государственного технического университета. Физика, математика, информатика. № 5(101). 2016. – С. 67-69.

3. Пролиско, Е.Е. Высокопроизводительный транспорт городской перевозки пассажиров на базе мобильных роботов / Е.Е.Пролиско, В.Н.Шуть. Електроніка та інформаційні технології, 2017, Випуск 7. – С. 105-116.

4. Швецова, Е.В. Алгоритм составления плана перевозок на городских линиях в интеллектуальной системе управления беспилотными транспортными средствами / Е.В. Швецова, В.Н. Шуть. Вестник Херсонского национального технического университета. – Т. 2(69), № 3. – Херсон: ХНТУ, 2019. – С. 222-230

5. Shviatsova A., Shuts V. The smart urban transport system based on robotic vehicles // National Academy of Sciences of Ukraine Institute of Artificial Intelligence Problems ARTIFICIAL INTELLIGENCE 2019 № 3-4 (85-86). - Kiev: BNTU, 2019. - p. 40-49.

6. Швецова, Е.В. Алгоритмы функционирования беспилотной городской пассажирской транспортной системы / Е.В. Швецова, В.Н. Шуть // Сборник трудов XXXIII Международной научной конференции «Математические методы в технике и технологиях»: в 12 т. Т.3 под общ. ред. А.А. Большакова - СПб: Издательство Политехнического университета, 2019. - С. 87-93

7. Пролиско, Е.Е. Математическая модель работы «Инфобусов» / Е.Е.Пролиско, В.Н.Шуть // Материалы VII –ой украинско-польской научно-практической конференции «Електроніка та інформаційні технології». – Львов, 27-30 августа 2015. – С. 59–62

8. Шуть В.Н. Использование эффекта автокараванинга для формирования автопоезда любой размерности для адаптации к пассажиропотоку на маршруте (часть1) / В.Н.Шуть //Материалы Международной научной конференции «Actual problems in fundamental science».- Луцк,1-4 июня ,2016г.-С.217-220

9. Шуть, В.Н. Использование эффекта автокараванинга для формирования автопоезда любой размерности для адаптации к пассажиропотоку на маршруте

(часть2) / В.Н.Шуть //Материалы Международной научной конференции «Actual problems in fundamental science».- Луцк,1-4 июня ,2016г.-С.220-222

10.Шуть, В.Н. Высокопроизводительная система городской транспортировки пассажиров / В.Н.Шуть, Е.Е.Пролиско // Материалы VIII –ой украинско-польской научно-практичной конференции «Електроніка та інформаційні технології». – Львов, 27-30 августа 2016. – С. 62–64

11.Жогал, А.Н. Автоматический городской интеллектуальный пассажирский транспорт / А.Н. Жогал, В.Н. Шуть, Е.В. Швецова . Транспорт и инновации: вызовы будущего: материалы Международной научной конференции. - Минск: Национальная библиотека Беларуси, 2019. – С. 23-33

УДК 004.7

## **К ВОПРОСУ СМАРТ-УПРАВЛЕНИЯ ЭКОСИСТЕМОЙ ОФИСА**

*Е. А. Шитик, П. И. Цыркунович, Г. В. Юдин*

*Гродненский государственный университет им. Янки Купалы, Гродно*

*Научный руководитель: А. М. Кадан, канд.техн.наук, доцент*

Интернет вещей (Internet of Things, IoT) — концепция сети передачи данных между физическими объектами («вещами»), оснащёнными встроенными средствами и технологиями для взаимодействия друг с другом или с внешней средой. Считается, что организация таких сетей способна перестроить экономические и общественные процессы, исключить из части действий и операций необходимость участия человека. Одна из самых популярных и многообещающих сфер использования IoT – концепция «Умного дома», предполагающая интеграцию умных вещей, которые выполняют повседневные домашние функции, в том числе, носимых гаджетов, в единую экосистему.

Реализуемый нами проект «Смарт-управление экосистемой офиса» является развитием концепции «Умного дома», использует технологии Интернета вещей сети передачи сообщений между физическими объектами без участия человека, и технологий Data Science – анализа больших данных.

В качестве экспериментальной площадки («офиса») для его реализации выбрано помещение кафедры системного программирования и компьютерной безопасности (СПКБ) Гродненского государственного университета им. Янки Купалы.

В рамках проекта мы стоим на позиции, что «Умный дом» = «Data Дом». То есть офис рассматривается не только как среда, обеспечивающая «интеллектуальную автоматизацию» - выключение света и подачу ненавязчивых голосовых сообщений-советов. Но в первую очередь – это среда, генерирующая информативные показатели, которые непосредственно влияют на качество работы, поведение и настроение сотрудников. Анализ таких показателей обеспечивает поиск закономерностей в данных смарт-устройств, построение

полезных моделей с возможностью инференции скрытых состояний наблюдаемой системы, обнаружение аномалий в поведении управляемой смарт-среды и их корректировку.

При проектировании системы особое внимание обращалось на то, как IoT-устройства будут общаться между собой, поскольку они являются основной частью смарт-офиса. Для корректного сравнения устройств, использующих различные протоколы, были выделены следующие критерии: энергопотребление; радиус действия; отказоустойчивость; взаимная совместимость. В результате было принято решение использовать в смарт-офисе IoT-устройства, использующие протоколы Wi-Fi, ZigBee и носимые гаджеты, работающие по протоколу Bluetooth.

Схема развернутой системы представлена на рис. 1.

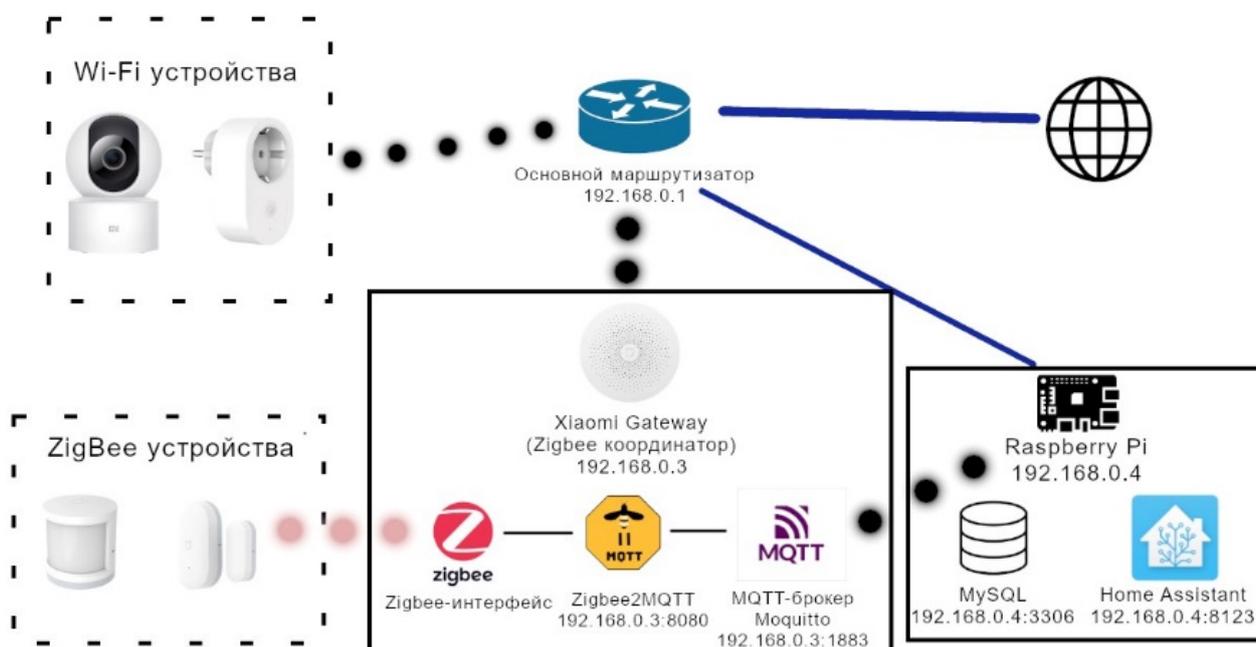


Рисунок 1 – Схема развернутой системы

Для подключения ZigBee устройств необходимо было использование координатора, который мог бы обрабатывать запросы по этому протоколу. В качестве такого координатора использовался шлюз Xiaomi DGNWG05LM, который был перепрошит на OpenWrt для отвязки от китайских сервисов и возможности контроля за подключенными устройствами. Шлюз сам по себе имеет Wi-Fi интерфейс, поэтому он был подключен к общей сети офиса. В настройках роутера, к которому присоединялся шлюз, ему был выдан «вечный» IP в рамках этой сети (192.168.0.3), чтобы была возможность всегда к нему подключиться.

После подключения к шлюзу посредством SSH соединения на него были установлены соответствующее ПО, для работы с ZigBee устройствами: Mosquitto и ZigBee2MQTT. Первая программа необходима для публикации и приёма сообщений посредством протокола MQTT. ZigBee2MQTT же необходима для конвертации пришедших запросов со стороны ZigBee в MQTT сообщения. После установки, нужное устройство нужно добавить в систему ZigBee2MQTT.

Для установки системы автоматизации и хранения данных была использована Raspberry Pi 4. В качестве системы автоматизации использовалась Home Assistant в операционной системе HaOS.

Raspberry Pi была подключена к сети и так же ей был назначен «вечный» IP адрес (192.168.0.4). Для хранения данных на Raspberry Pi была установлена база MySQL, куда складываются все события, поступающие с датчиков, подключённых к системе.

После налаживания отдельных протоколов связи и подключения устройств, взаимодействие с ними происходит через админ-панель Home Assistant, откуда ими можно управлять.

При необходимости доступа в интернет, устройства могут делать это через компьютер Raspberry Pi, который будет маршрутизировать запросы на роутер, который затем маршрутизирует их в интернет.

На данный момент в качестве главной проблемы IoT рассматривается его уязвимость к кибератакам. Частично эта задача, в рамках смарт-офиса решена, так как в саму систему можно попасть только из локальной сети, поскольку роутер направляет запросы в интернет, используя NAT. Это делает систему безопасной от утечек личных данных сотрудников. В то же время вопросам безопасности и комфорта человека, как элемента экосистемы и потребителя услуг умного дома, уделяется недостаточное внимание. И это мы рассматриваем как направление будущих исследований.

В качестве другой важнейшей задачи развития смарт-офиса, как указывалось выше, является обработка данных, поступающих от смарт-устройств, и формирование управляющих воздействий. Для ее решения необходима разработка программного обеспечения (набора скриптов на языке Python), которое позволит оценивать и корректировать состояние помещения офиса на основе показаний датчиков окружающей среды и любых других устройств и систем, с которыми взаимодействует. Что позволит сформировать обратную связь для создания комфортной, экологичной и безопасной среды для работы и жизнедеятельности сотрудников кафедры, изучения и коррекции их привычек.

В заключение можно сказать, что в рамках нашего проекта сконфигурирована и реализована система класса «Умный дом» под рабочим наименованием «Смарт-офис». Программное и аппаратное оборудование системы расположено в офисе кафедры системного программирования компьютерной безопасности (СПКБ), офис.222, ул.Ожешко, д.22, главный корпус УО «ГрГУ им.Янки Купалы», г.Гродно, Беларусь.

Система реализована на аппаратной платформе микрокомпьютера Raspberry Pi, программное обеспечение интегрировано с платформой Home Assistant (ПО с открытым кодом), допускает простое расширение системы используемых смарт-устройств. Основным источником данных является база данных платформы Home Assistant в формате СУБД SQLite. Начата работа по созданию пакета скриптов для анализа базы и управления IoT-устройствами, мониторинга привычек и состояния домовладельца, формирования обратной связи для элементов экосистемы.

## УНИФИКАЦИЯ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ДАННЫХ С ПОМОЩЬЮ ФИЛЬТРА КАЛМАНА

*А. А. Шульган*

*Брестский государственный технический университет, Брест;*

*Научный руководитель: Костюк Д. А., к.т.н., доцент*

По мере появления все большего числа автоматических источников гидрологических и гидрометеорологических данных на речных системах (средств измерения уровня воды, количества осадков, температуры воздуха и др.), для решения задач, связанных с моделированием гидрологических явлений и прогнозированием их динамики, становится доступно больше временных рядов, в результате чего должны повышаться точность и оперативность как расчета текущей ситуации, так и прогноза. Однако при использовании большого числа потоков данных возникают дополнительные проблемы.

На практике оказывается, что одни временные ряды отбираются с более высокой частотой, чем другие. Иногда данные поступают практически в режиме реального времени, вплоть до разрешения в секундах, и характерной проблемой таких высокочастотных данных является шум. Кроме того, сложность параллельного использования нескольких показателей заключается в том, что они могут давать противоречивые сигналы, и не существует согласованного способа агрегирования статистических данных для получения однозначного ответа.

Необходимость построения многомерной модели возникает в двух основных ситуациях:

1. высокочастотные и низкочастотные данные могут отбираться для нескольких переменных, и в результате требуется получить оценки для ненаблюдаемых высокочастотных значений, используя всю доступную (агрегированную и дезагрегированную) информацию;

2. важный информативный параметр системы оценивается с низкой частотой, но формирующие его показатели отбираются на более высокой частоте. Чтобы оценить эволюцию целевой переменной, нужно: (а) рассчитать высокочастотный показатель ее колебаний и (б) спрогнозировать ее очередное значение в низкочастотном временном ряду, используя в обоих случаях информацию, получаемую на основе высокочастотных значений.

Одна из ситуаций, в которых возникает такая задача, известна как «деагрегация дождевых осадков» (rainfall disaggregation), когда высокочастотные данные об осадках требуется получать на основе низкочастотных данных [1].

В основе линейных моделей, предполагающих представление в виде пространства состояний, может лежать использование максимального гауссовского подобия в форме разложения ошибки прогнозирования с использованием фильтра Калмана для вычисления требуемых условных моментов. В [2] представлены

аналитические выражения для функции подобия, ее производных и соответствующей матрицы данных. Уравнение наблюдений в данной модели легко модифицировать для учета данных, наблюдаемых с ограничениями агрегации [2, 3].

Фильтр Калмана является разновидностью рекурсивных фильтров. Для вычисления оценки состояния системы на текущий такт работы ему необходима оценка состояния (в виде оценки состояния системы и оценки погрешности определения этого состояния) на предыдущем такте работы и измерения на текущем такте. Данное свойство отличает его от пакетных фильтров, требующих в текущий такт работы знание истории измерений и/или оценок. Далее под записью  $\hat{x}_{n|m}$  будем понимать оценку истинного вектора  $x$  в момент  $n$  с учетом измерений с момента начала работы и по момент  $m$  включительно.

Состояние фильтра задается двумя переменными:

- $\hat{x}_{k|k}$  – апостериорная оценка состояния объекта в момент  $k$ , полученная по результатам наблюдений вплоть до момента  $k$  включительно;
- $P_{k|k}$  – апостериорная ковариационная матрица ошибок, задающая оценку точности полученной оценки вектора состояния и включающая в себя оценку дисперсий погрешности вычисленного состояния и ковариации, показывающие выявленные взаимосвязи между параметрами состояния системы.

Каждая итерация фильтра Калмана делится на две фазы: экстраполяция (прогноз) и коррекция. Во время экстраполяции фильтр получает предварительную оценку состояния системы  $\hat{x}_{k|k-1}$  на текущий шаг, на основе итоговой оценки состояния с предыдущего шага (либо предварительную оценку на следующий шаг на основе итоговой оценки, текущего шага, в зависимости от интерпретации). Эту предварительную оценку также называют априорной оценкой состояния, так как для её получения не используются наблюдения соответствующего шага. В фазе коррекции априорная экстраполяция дополняется соответствующими текущими измерениями для коррекции оценки. Скорректированная оценка также называется апостериорной оценкой состояния, либо просто оценкой вектора состояния  $\hat{x}_k$ . Обычно эти две фазы чередуются: экстраполяция производится по результатам коррекции до следующего наблюдения, а коррекция производится совместно с доступными на следующем шаге наблюдениями, и т. д. Однако если по некоторой причине наблюдение оказалось недоступным, то этап коррекции может быть пропущен и выполнена экстраполяция на основе нескорректированной оценки (априорной экстраполяции). Аналогично, если независимые измерения доступны только в отдельные такты работы, всё равно возможны коррекции (обычно с использованием другой матрицы наблюдений  $H_k$ ).

При построении высокочастотной модели обычно требуется аппроксимировать ненаблюдаемые значения на основе информации, имеющейся в выборке. Эти значения интерполируются или экстраполируются в зависимости от того, находятся ли они внутри или вне выборки. В рамках модели пространства состояний эту задачу может выполнять алгоритм сглаживания с фиксированным интервалом [4].

Предположительно между целевой переменной и отдельными показателями существует высокочастотная связь:

$$y_t = x_t^T \beta + \varepsilon_t; \varepsilon_t = \frac{1}{(1 - \varphi_1 B)(1 - \varphi_2 B)} a_t \quad (1)$$

где  $y_t$  обозначает целевую переменную,  $x_t$  - вектор показателей,  $a_t \sim iid(0, \sigma_a^2)$ , а  $B$  обозначает оператор обратной связи, такой что для любой последовательности  $w_t$ :  $B^k w_t = w_{t-k}$ ,  $k = 0, \pm 1, \pm 2, \dots$

При этом предполагается статическая линейная зависимость между показателем (причина) и целевой переменной (эффект), разные порядки интегрирования для переменных (в некоторых случаях подразумевается интеграция между показателем

и целевой переменной), а также модель не учитывает сезонные факторы, поэтому сезонность должна быть либо убрана заранее, либо являться общей особенностью  $y_t$  и  $x_t$ , так, чтобы линейная комбинация  $y_t - x_t^T \beta$  не имела сезонной структуры.

Для проверки эффективности унификации временных рядов гидрометеорологических данных с помощью фильтра Калмана была использована Python-библиотека «руkalman», которая содержит реализацию KF в виде сглаживающего фильтра.

И KF, и его сглаживающая реализация, традиционно используются с уже заданными параметрами. В случае библиотеки руkalman, класс KalmanFilter может быть инициализирован любым подмножеством обычных параметров модели и использоваться без подгонки. Для всех неопределенных параметров задаются значения по умолчанию.

Реализация со сглаживанием может включать «будущие» измерения, а также прошлые при одинаковых вычислительных затратах  $O(Td^3)$ , где  $T$  – количество временных шагов, а  $d$  – размерность пространства состояний.

В дополнение класс KalmanFilter реализует алгоритм максимизации ожидания (EM). Этот итерационный алгоритм – способ максимизировать вероятность наблюдаемых измерений.

В реальных гидрометеорологических измерениях случается временный выход из строя одного из датчиков – например, выход из строя микроволнового сканирующего радиометра-поляриметра SSM/I в 2014 году, использовавшегося для определения количества осадков, накопленных в снежном покрове, на основе спутниковых измерений радиояркостных температур [5]. Интерпретация пространства состояний с применением KF является популярным подходом к восстановлению отсутствующих высокочастотных наблюдений.

Если обозначить через  $t$  единицу времени временного ряда с более низкой частотой,  $t=1, \dots, T$ , и использовать для связи частот понятие частотной смеси  $m$  (высокочастотная переменная наблюдается  $m$  раз в интервале от  $t$  до  $t-1$ ), то единица времени для высокочастотных данных  $\tau$  может быть записана как  $\tau=1, \dots, mT$ . Наличие двух частот в одной модели временного ряда представлено записью  $x_{t-i/m}$ .

Пусть  $Y_\tau$  - вектор размерности  $N \times I$  стационарного временного ряда с наблюдениями для моментов  $\tau = 1, \dots, mT$ . Предполагается, что ряд имеет нулевые средние значения. Переменные в факторной модели представляются в виде суммы двух взаимно-ортогональных компонент, общего и специфического. Общий компонент формирует небольшое количество факторов, общих для всех переменных модели. Специфический компонент формируется воздействиями, специфичными для различных видов переменных. Факторную модель можно описать следующим образом:

$$Y_\tau = \Lambda F_\tau + \epsilon_\tau \quad (2)$$

где  $F_\tau$  имеет размерность  $(r \times I)$  и представляет собой вектор факторов, а матрица  $\Lambda$  размерности  $(N \times r)$  содержит факторные нагрузки. Специфический компонент представлен вектором  $\xi_\tau$ .

Небольшое количество факторов может объяснить большую часть дисперсии данных. Факторы могут быть оценены с использованием подхода главных компонент.

Агрегация по времени высокочастотных переменных в низкочастотные встречается в прикладных задачах достаточно часто, хотя и приводит к потере информации.

Простейшим случаем является агрегация в рамках одиночного временного ряда. Собственно «агрегация» может выполняться по-разному в зависимости от практического значения переменных. На роль представителя последовательности высокочастотных значений может выбираться первое, второе, либо последнее из них. Подобное «объединение» характерно для ситуаций, когда расхождение частот не очень велико, а выбор делается из прагматических соображений, без существенного теоретического обоснования.

Стандартным способом агрегации безусловно является усреднение по периоду:

$$x_t = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m x_{t-i/m} \quad (3)$$

Наконец, для величин с накоплением, значения просто складываются:

$$x_t = \sum_{i=1}^m x_{t-i/m} \quad (4)$$

В случае несколько временных рядов, при наличии большого количества переменных возникает рост неопределенности, который может приводить к снижению точности прогноза. Одним из способов преодоления этой проблемы является сжатие всех доступных временных рядов в меньшее число переменных. Построение таких композитных индикаторов может служить целям прогнозирования или оценки текущего состояния системы.

Построение композитных индикаторов предполагает, что временные ряды имеют одинаковую частоту. В случае данных смешанной частотности, аналогичного результата можно добиться опять же приведением их к форме пространства состояний и применением фильтра Калмана, средствами простой аппроксимации

или, в более сложном варианте, использованием нелинейной модели и, соответственно, нелинейной фильтрации [6].

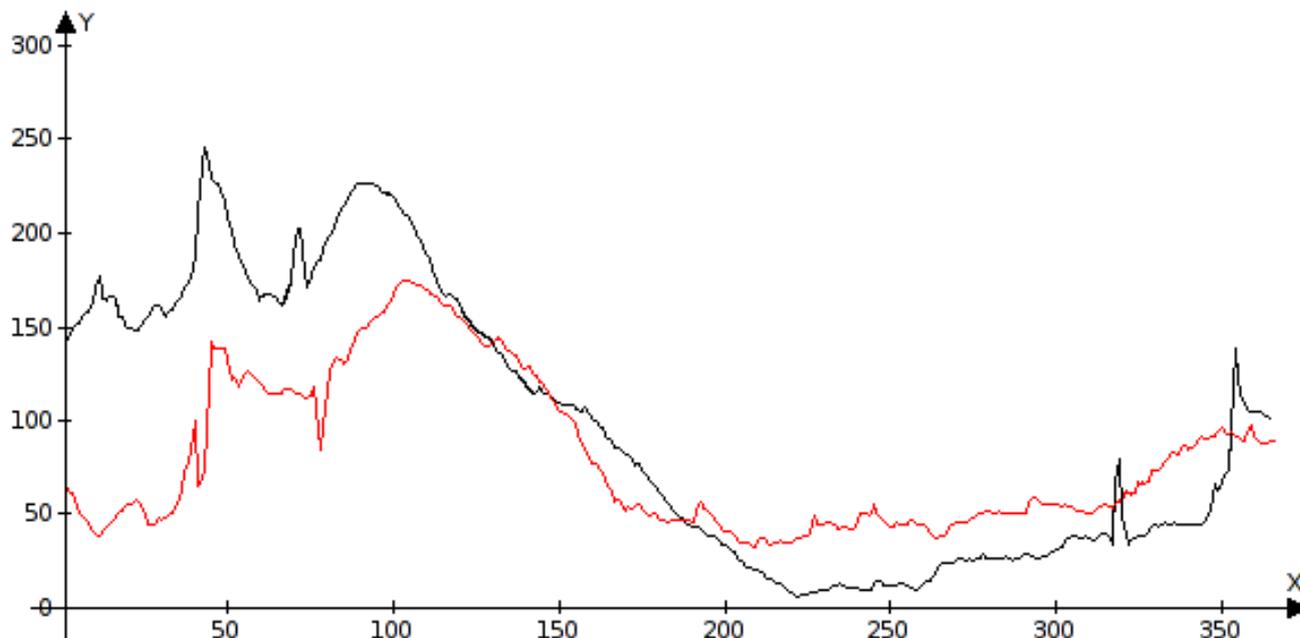


Рис. 1 – Изменение расхода воды в контрольной точке речного русла

Отметим, применение КФ является для медленно изменяющихся гидрологических показателей, расход воды в речном русле (рис. 1), и наименее эффективным — для сложно прогнозируемых высокочастотных временных рядов, связанных с измерениями в реальном времени, включающими в себя суммированный статистический шум локального происхождения.

#### Список цитированных источников

1. Onof C. et al. Spatial-temporal rainfall fields: modelling and statistical aspects // Hydrology and Earth System Sciences, v. 4, iss. 4, 2000. – p. 581-601.
2. Terceiro J. Estimation of Dynamic Econometric Models with Errors in Variables – Springer-Verlag, Berlin, 1990 – 132 p.
3. Ansley C.F., Kohn R. Exact likelihood of vector autoregressive-moving average process with missing or aggregated data – Biometrika, V. 70, No. 1, 1983 – p. 275–278
4. Anderson B.D.O., Moore J.B. Optimal Filtering. – Prentice-Hall, 1979. – 357 p.
5. Волчек А.А., Костюк Д.А., Петров Д.О., Шешко Н.Н. Метод прогнозирования половодий на основе многофакторного нейросетевого анализа // Вестник БрГТУ. – 2018.– №5(113): Физика, математика, информатика. – С. 74–76.
6. Proietti T., Moauro F. Dynamic factor analysis with non-linear temporal aggregation constraints // Journal of the Royal Statistical Society Series C, No. 55(2), 2006 - P. 281–300.

**АНАЛИТИЧЕСКИЕ И ЧИСЛЕННЫЕ  
МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ  
В МАТЕМАТИКЕ И ИХ ПРИЛОЖЕНИЯ**

## ON THE FUNDAMENTAL SOLUTION OF THE BIHARMONIC EQUATION IN $\mathbf{R}^4$

*D. A. Basik, D. V. Haluts, R. N. Kozinets*  
*Brest State A. S. Pushkin University, Brest*  
*Scientific adviser: A. I. Basik, PhD in Physics and Mathematics,*  
*Assistant Professor*

In this paper we prove some integral equalities for the operator  $\Delta^2$  in  $\mathbf{R}^d$ , where

$$\Delta = \sum_{j=1}^d \frac{\partial^2}{\partial x_j^2}.$$

In the four-dimensional case ( $d = 4$ ), we find radial solutions of the biharmonic equation. Using the solutions we have found, a fundamental solution of the operator  $\Delta^2$  in  $\mathbf{R}^4$  is constructed.

**Theorem 1.** *Let  $\Omega \subset \mathbf{R}^d$  ( $d \in \mathbf{N}$ ) be a bounded domain whose boundary  $\partial\Omega$  is a sufficiently smooth surface, let  $n = (n_1, \dots, n_d)$  be the unit outward normal field on  $\partial\Omega$  and let  $u, v \in C^4(\overline{\Omega})$ . Then we have*

$$\int_{\Omega} u(x) \Delta^2 v(x) dx = \int_{\Omega} \Delta u(x) \Delta v(x) dx + \int_{\partial\Omega} \left( u(x) \frac{\partial(\Delta v(x))}{\partial n} - \frac{\partial u(x)}{\partial n} \Delta v(x) \right) dS(x) \quad (1)$$

and

$$\begin{aligned} \int_{\Omega} (u(x) \Delta^2 v(x) - v(x) \Delta^2 u(x)) dx &= \int_{\partial\Omega} \left( u(x) \frac{\partial(\Delta v(x))}{\partial n} + \Delta u(x) \frac{\partial v(x)}{\partial n} \right) dS(x) - \\ &- \int_{\partial\Omega} \left( v(x) \frac{\partial(\Delta u(x))}{\partial n} + \Delta v(x) \frac{\partial u(x)}{\partial n} \right) dS(x). \end{aligned} \quad (2)$$

In the equations (1) and (2) above,  $\partial/\partial n$  is the directional derivative in the direction of the normal  $n$  of the surface element  $dS(x)$ .

Let's call equality (1) an analogue of Green's first identity, (2) – an analogue of Green's second identity for the operator  $\Delta^2$ .

*Proof.* Integrated by parts [1, p. 302], we have

$$\begin{aligned} \int_{\Omega} u(x) \Delta^2 v(x) dx &= \sum_{j=1}^d \int_{\Omega} u(x) \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} (\Delta v(x)) dx = \\ &= - \sum_{j=1}^d \int_{\Omega} \frac{\partial}{\partial x_j} (u(x)) \frac{\partial}{\partial x_j} (\Delta v(x)) dx + \sum_{j=1}^d \int_{\partial\Omega} u(x) \frac{\partial}{\partial x_j} (\Delta v(x)) n_j(x) dS(x) = \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= \sum_{j=1}^d \int_{\Omega} \frac{\partial^2}{\partial x_j^2} (u(x)) \Delta v(x) dx - \sum_{j=1}^d \int_{\partial\Omega} \frac{\partial}{\partial x_j} (u(x)) \Delta v(x) n_j(x) dS(x) + \int_{\partial\Omega} u(x) \frac{\partial}{\partial n} (\Delta v(x)) dS(x) = \\
&= \int_{\Omega} \Delta u(x) \Delta v(x) dx - \int_{\partial\Omega} \frac{\partial}{\partial n} (u(x)) \Delta v(x) dS(x) + \int_{\partial\Omega} u(x) \frac{\partial}{\partial n} (\Delta v(x)) dS(x).
\end{aligned}$$

This completes the proof of formula (1).

Applying formula (1) to integrals  $\int_{\Omega} u(x) \Delta^2 v(x) dx$  and  $\int_{\Omega} v(x) \Delta^2 u(x) dx$ , we obtain formula (2). Theorem 1 has been proven.

Let  $y \in \mathbf{R}^4$  be a fix point and let  $r$  be a distance between points  $x \in \mathbf{R}^4$  and  $y$ , i.e.  $r = |x - y| = ((x_1 - y_1)^2 + \dots + (x_4 - y_4)^2)^{0.5}$ . Let's find radial solutions of the biharmonic equation in  $\mathbf{R}^4$

$$\Delta^2 u = 0, \quad (3)$$

i.e. solutions of equation (3) depending only on  $r$ . Thus  $u = f(r)$ , where the function  $f(r)$  satisfies the ordinary differential equation

$$\left( f''(r) + \frac{3}{r} f'(r) \right)'' + \frac{3}{r} \left( f''(r) + \frac{3}{r} f'(r) \right)' = 0. \quad (4)$$

We define a new function  $g(r) = f''(r) + 3f'(r)/r$  for  $r > 0$ . Then we obtain

$$g''(r) + \frac{3}{r} g'(r) = 0 \Leftrightarrow (r^3 g'(r))' = 0 \Leftrightarrow g'(r) = \frac{C_1}{r^3} \Leftrightarrow g(r) = -\frac{C_1}{2r^2} + C_2,$$

where  $C_1, C_2$  are constants of integration. Returning to change of the variable, we have

$$\begin{aligned}
f''(r) + \frac{3}{r} f'(r) &= -\frac{C_1}{2r^2} + C_2 \Leftrightarrow (r^3 f'(r))' = -\frac{C_1 r}{2} + C_2 r^3 \Leftrightarrow \\
\Leftrightarrow r^3 f'(r) &= -\frac{C_1 r^2}{4} + C_2 \frac{r^4}{4} + C_3 \Leftrightarrow f(r) = -\frac{C_1}{4} \ln r + \frac{r^2 C_2}{8} - \frac{C_3}{2r^2} + C_4.
\end{aligned}$$

Let's define the function  $\Phi$  as follows. For  $x \in \mathbf{R}^4 \setminus \{0\}$ , let

$$\Phi(x) = C \ln |x|, \quad (5)$$

where  $C \in \mathbf{R}$ . The function  $\Phi$  is locally integrable function in  $\mathbf{R}^4$  and we see that  $\Phi$  satisfies biharmonic equation (3) on  $\mathbf{R}^4 \setminus \{0\}$ . Let's find  $C$  so that the function  $\Phi$  satisfies the equation  $\Delta^2 u = \delta$  in the sense of distributions [1, p. 542]. That is, for all  $\varphi \in D(\mathbf{R}^4)$  we have  $\int_{\mathbf{R}^4} \Phi(x) \Delta^2 \varphi(x) dx = \varphi(0)$ .

For this reason, we call  $\Phi$  the fundamental solution of the biharmonic equation. So, let  $\varphi \in D(\mathbf{R}^4)$  and  $\text{supp } \varphi$  lie in an open ball  $B(0; R)$ . Then we have

$$\int_{\mathbf{R}^4} \Phi(x) \Delta^2 \varphi(x) dx = \lim_{\varepsilon \rightarrow +0} \int_{\varepsilon < |x| < R} \Phi(x) \Delta^2 \varphi(x) dx.$$

Applying theorem 1 and taking into account the fact that  $\varphi(x)$  vanishes as  $x \notin \text{supp } \varphi$ , we have

$$\begin{aligned} \int_{\mathbf{R}^4} \Phi(x) \Delta^2 \varphi(x) dx &= \lim_{\varepsilon \rightarrow +0} \int_{|x|=\varepsilon} \left( \Phi(x) \frac{\partial(\Delta \varphi(x))}{\partial n} + \Delta \Phi(x) \frac{\partial \varphi(x)}{\partial n} \right) dS(x) - \\ &- \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \int_{|x|=\varepsilon} \left( \varphi(x) \frac{\partial(\Delta \Phi(x))}{\partial n} + \Delta \varphi(x) \frac{\partial \Phi(x)}{\partial n} \right) dS(x), \end{aligned}$$

where  $n = -x / \varepsilon$ .

Considering the fact that  $\varphi \in D(\mathbf{R}^4)$ , and, therefore, infinitely differentiable, we have

$$\left| \int_{|x|=\varepsilon} \Phi(x) \frac{\partial(\Delta \varphi(x))}{\partial n} dS(x) \right| \leq 2\pi^2 C \varepsilon^3 \ln \varepsilon \cdot \sup_{x \in \mathbf{R}^4} \sum_{j=1}^4 \left| \frac{\partial(\Delta \varphi(x))}{\partial x_j} \right| \rightarrow 0 \text{ as } \varepsilon \rightarrow +0;$$

$$\left| \int_{|x|=\varepsilon} \Delta \Phi(x) \frac{\partial(\varphi(x))}{\partial n} dS(x) \right| \leq 4\pi^2 C \varepsilon \cdot \sup_{x \in \mathbf{R}^4} \sum_{j=1}^4 \left| \frac{\partial(\varphi(x))}{\partial x_j} \right| \rightarrow 0 \text{ as } \varepsilon \rightarrow +0;$$

$$\left| \int_{|x|=\varepsilon} \Delta \varphi(x) \frac{\partial(\Phi(x))}{\partial n} dS(x) \right| \leq 2\pi^2 C \varepsilon^2 \cdot \sup_{x \in \mathbf{R}^4} |\Delta \varphi(x)| \rightarrow 0 \text{ as } \varepsilon \rightarrow +0.$$

Hence

$$\int_{\mathbf{R}^4} \Phi(x) \Delta^2 \varphi(x) dx = - \lim_{\varepsilon \rightarrow +0} \int_{|x|=\varepsilon} \varphi(x) \frac{\partial(\Delta \Phi(x))}{\partial n} dS(x) = -4C \lim_{\varepsilon \rightarrow +0} \varepsilon^{-3} \int_{|x|=\varepsilon} \varphi(x) dS(x).$$

Applying the first mean-value theorem [1, p. 338], for  $\varepsilon > 0$  there exists point  $x_\varepsilon$  such that  $|x_\varepsilon| = \varepsilon$  and

$$\int_{|x|=\varepsilon} \varphi(x) dS(x) = 2\pi^2 \varepsilon^3 \varphi(x_\varepsilon).$$

Finally

$$\int_{\mathbf{R}^4} \Phi(x) \Delta^2 \varphi(x) dx = -8\pi^2 C \lim_{\varepsilon \rightarrow +0} \varphi(x_\varepsilon) = -8\pi^2 C \varphi(0).$$

By taking  $C = -1/(8\pi^2)$ , we proved the following statement.

**Theorem 2.** *The function  $\Phi(x) = -(8\pi^2)^{-1} \ln |x|$  is the fundamental solution of the biharmonic equation in  $\mathbf{R}^4$ .*

We express our gratitude to Kovalenko O. N., Senior Lecturer of the Department of Foreign Languages of Brest State A. S. Pushkin University, for helping us in translating.

### References

1. Zorich, V. A. *Matematicheskij analiz. CHast' II / V. A. Zorich.* – M. : MCNMO. – 2002. – 794 s.

УДК 519.6+517.983

## АПРИОРНЫЕ ОЦЕНКИ ПОГРЕШНОСТИ ДЛЯ ЯВНОГО ИТЕРАЦИОННОГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ НЕКОРРЕКТНЫХ ЗАДАЧ В ПОЛУНОРМЕ ГИЛЬБЕРТОВА ПРОСТРАНСТВА

*М. С. Горбач,*

*БрГУ имени А.С. Пушкина, Брест*

*Научный руководитель:*

*О. В. Матысик, кандидат физико-математических наук, доцент*

Как известно, погрешность метода простой итерации Ландвебера  $x_{n+1,\delta} = x_{n,\delta} + \alpha(y_\delta - Ax_{n,\delta})$ ,  $x_{0,\delta} = 0$  [1–2] с постоянным шагом зависит от шага по антиградиенту, и притом так, что для сокращения числа операций желательно, чтобы шаг по антиградиенту был как можно большим. Однако на этот шаг накладывается ограничение сверху [2]:  $0 < \alpha \leq \frac{5}{4\|A\|}$ . Возникает идея попытаться

ослабить эти ограничения. Это удастся сделать, выбирая для шага три значения  $\alpha, \beta, \gamma$  попеременно, где  $\gamma$  уже не обязано удовлетворять прежним требованиям.

В гильбертовом пространстве  $H$  решается уравнение первого рода  $Ax = y$  с положительным ограниченным самосопряженным оператором  $A$ , для которого нуль не является собственным значением. Однако нуль принадлежит спектру оператора  $A$ , следовательно, задача некорректна. Предполагая существование единственного точного решения  $x$  при точной правой части  $y$ , будем искать его приближенное значение  $x_n$ , используя метод

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= x_n - \alpha_{n+1}(Ax_n - y), \quad x_0 = 0, \\ \alpha_{3n+1} &= \alpha, \quad \alpha_{3n+2} = \beta, \quad \alpha_{3n+3} = \gamma, \quad n = 0, 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (1)$$

В случае приближенной правой части  $y_\delta$ ,  $\|y - y_\delta\| \leq \delta$  уравнения  $Ax = y$  метод (1) примет вид

$$\begin{aligned} x_{n+1,\delta} &= x_{n,\delta} - \alpha_{n+1}(Ax_{n,\delta} - y_\delta), \quad x_{0,\delta} = 0, \\ \alpha_{3n+1} &= \alpha, \quad \alpha_{3n+2} = \beta, \quad \alpha_{3n+3} = \gamma, \quad n = 0, 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (2)$$

Ниже, как обычно, под сходимостью метода (2) понимается утверждение о том, что приближения (2) сколь угодно близко подходят к точному решению уравнения  $Ax = y$  при подходящем выборе  $n$  и достаточно малых  $\delta$ . Иными словами, метод (2) является сходящимся, если  $\lim_{\delta \rightarrow 0} \left( \inf_n \|x - x_{n,\delta}\| \right) = 0$ .

Далее, для упрощения считаем  $\|A\| = 1$ . Потребуем, чтобы при  $\lambda \in (0, 1]$  и положительных  $\alpha, \beta, \gamma$  выполнялись условия

$$\left. \begin{aligned} |1 - \alpha\lambda| &< 1, \quad (\text{т.е. } 0 < \alpha < 2), \\ |(1 - \alpha\lambda)(1 - \beta\lambda)| &< 1, \\ |(1 - \alpha\lambda)(1 - \beta\lambda)(1 - \gamma\lambda)| &< 1. \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

**Замечание 1.** Условие  $|(1 - \alpha\lambda)(1 - \beta\lambda)| < 1$  равносильно совокупности условий  $\alpha\beta < \alpha + \beta$  и  $(\alpha + \beta)^2 < 8\alpha\beta$ . Отсюда  $\alpha + \beta < 8$ .

Изучим сходимость итерационного метода (2) в случае единственного решения в энергетической норме (полунорме) гильбертова пространства  $\|x\|_A = \sqrt{(Ax, x)}$ , где  $x \in H$ . При этом, как обычно, число итераций  $n$  нужно выбирать в зависимости от уровня погрешности  $\delta$ . Полагаем, что  $x_{0,\delta} = 0$  и рассмотрим разность

$$x - x_{n,\delta} = (x - x_n) + (x_n - x_{n,\delta}). \quad (4)$$

Нетрудно показать, что  $x_n = A^{-1} \left[ E - (E - \alpha A)^k (E - \beta A)^l (E - \gamma A)^m \right] y$ , где  $k, l, m$  – натуральные показатели и  $k + l + m = n$ . Тогда запишем первое слагаемое из равенства (4) в виде  $x - x_n = A^{-1} y - A^{-1} \left[ E - (E - \alpha A)^k (E - \beta A)^l (E - \gamma A)^m \right] y = (E - \alpha A)^k (E - \beta A)^l (E - \gamma A)^m x$ . При использовании энергетической нормы нам не потребуется дополнительная информация на гладкость точного решения  $x$  – его истокообразная представимость ( $x = A^s z, s > 0$ ) [3]. В дальнейшем, для простоты, считаем, что  $k = l = m = \frac{n}{3}$  ( $n = 3p, p \in \mathbb{N}$ ). Действительно, с помощью интегрального представления самосопряженного оператора  $A$  имеем

$$\|x - x_n\|_A \leq \left[ \frac{2n}{3}(\alpha + \beta + \gamma)e \right]^{-1/2} \|x\| \quad \text{и} \quad \|x_n - x_{n,\delta}\|_A \leq \left( \frac{2}{3} \right)^{1/2} n^{1/2}(\alpha + \beta + \gamma)^{1/2} \delta, \quad n \geq 1.$$

Поскольку

$$\|x - x_{n,\delta}\|_A \leq \|x - x_n\|_A + \|x_n - x_{n,\delta}\|_A \leq \left[ \frac{2n}{3}(\alpha + \beta + \gamma)e \right]^{-1/2} \|x\| + \left( \frac{2}{3} \right)^{1/2} n^{1/2}(\alpha + \beta + \gamma)^{1/2} \delta,$$

и при  $n \rightarrow \infty$   $\|x - x_n\|_A \rightarrow 0$ , то для сходимости  $\|x - x_{n,\delta}\|_A \rightarrow 0$ ,  $n \rightarrow \infty$ , достаточно, чтобы  $\sqrt{n} \delta \rightarrow 0$ ,  $n \rightarrow \infty$ ,  $\delta \rightarrow 0$ . Таким образом, если в процедуре (2) выбрать число итераций  $n = n(\delta)$ , зависящих от  $\delta$  так, чтобы  $\sqrt{n} \delta \rightarrow 0$ ,  $n \rightarrow \infty$ ,  $\delta \rightarrow 0$ , то получим регуляризирующий метод, обеспечивающий сходимость к точному решению уравнения  $Ax = y$  в энергетической норме гильбертова пространства. Итак, доказана

**Теорема 1.** *Итерационная процедура (2) при условии (3) сходится в энергетической норме гильбертова пространства, если число итераций  $n$  выбрать так, чтобы  $\sqrt{n} \delta \rightarrow 0$ ,  $n \rightarrow \infty$ ,  $\delta \rightarrow 0$ .*

Запишем теперь общую оценку погрешности для метода (2)

$$\|x - x_{n,\delta}\|_A \leq \left[ \frac{2n}{3}(\alpha + \beta + \gamma)e \right]^{-1/2} \|x\| + \left( \frac{2}{3} \right)^{1/2} n^{1/2}(\alpha + \beta + \gamma)^{1/2} \delta, \quad n \geq 1. \quad (5)$$

Оптимизируем полученную оценку (5) по  $n$ , т.е. при заданном  $\delta$  найдем такое значение числа итераций  $n$ , при котором оценка погрешности становится минимальной. Приравняв нулю производную по  $n$  от правой части равенства (5), получим  $3^{1/2}(\alpha + \beta + \gamma)^{-1/2} e^{-1/2} \|x\| = 3^{-1/2} 2(\alpha + \beta + \gamma)^{1/2} \delta n$ , отсюда

$$n_{\text{опт}} = 3(\alpha + \beta + \gamma)^{-1} e^{-1/2} (2\delta)^{-1} \|x\|. \quad (6)$$

Подставив  $n_{\text{опт}}$  в оценку (5), найдем ее оптимальное значение

$$\|x - x_{n,\delta}\|_A^{\text{опт}} \leq 2e^{-1/4} \delta^{1/2} \|x\|^{1/2}. \quad (7)$$

Из (7) вытекает, что оптимальная оценка погрешности не зависит от параметров  $\alpha, \beta, \gamma$ . Но  $n_{\text{опт}}$  зависит от  $\alpha, \beta, \gamma$  и поэтому для уменьшения числа итераций с целью получения оптимального по точности приближенного решения следует брать  $\alpha, \beta, \gamma$  возможно большими, удовлетворяющими условию (3), и так, чтобы  $n_{\text{опт}} \in \mathbb{Z}$ . Таким образом, доказана

**Теорема 2.** *При условии (3) оптимальная оценка погрешности для итерационного процесса (2) в энергетической норме гильбертова пространства имеет вид (7) и получается при  $n_{\text{опт}}$  из (6).*

Рассмотрим вопрос о том, когда из сходимости в энергетической норме следует сходимость в обычной норме гильбертова пространства  $H$ . Эти условия дает

**Теорема 3.** Если выполнены условия: 1)  $E_\varepsilon x_{n,\delta} = 0$ , 2)  $E_\varepsilon x = 0$ ,

где  $E_\varepsilon = \int_0^\varepsilon dE_\lambda$ ,  $\varepsilon$  – фиксированное положительное число ( $0 < \varepsilon < 1$ ), то из сходимости  $x_{n,\delta}$  к решению  $x$  в энергетической норме следует сходимость в обычной норме гильбертова пространства.

Доказательство.

Из 1) и 2) имеем  $\int_0^\varepsilon \frac{1}{\lambda} d(E_\lambda(x - x_{n,\delta}), A(x - x_{n,\delta})) = 0$ . Отсюда получим

$$\begin{aligned} \|x - x_{n,\delta}\|^2 &= \int_0^1 d(E_\lambda(x - x_{n,\delta}), x - x_{n,\delta}) = \int_0^1 \frac{1}{\lambda} d(E_\lambda(x - x_{n,\delta}), A(x - x_{n,\delta})) = \\ &= \int_0^\varepsilon \frac{1}{\lambda} d(E_\lambda(x - x_{n,\delta}), A(x - x_{n,\delta})) + \int_\varepsilon^1 \frac{1}{\lambda} d(E_\lambda(x - x_{n,\delta}), A(x - x_{n,\delta})) = \\ &= \int_\varepsilon^1 \frac{1}{\lambda} d(E_\lambda(x - x_{n,\delta}), A(x - x_{n,\delta})) \leq \frac{1}{\varepsilon} \int_\varepsilon^1 d(E_\lambda(x - x_{n,\delta}), A(x - x_{n,\delta})) \leq \\ &\leq \frac{1}{\varepsilon} \int_0^1 d(E_\lambda(x - x_{n,\delta}), A(x - x_{n,\delta})) = \frac{1}{\varepsilon} \|x - x_{n,\delta}\|_A^2. \end{aligned}$$

Поэтому из  $\|x - x_{n,\delta}\|_A \rightarrow 0$ ,  $n \rightarrow \infty$  следует  $\|x - x_{n,\delta}\| \rightarrow 0$ ,  $n \rightarrow \infty$ .

Теорема 3 доказана.

**Замечание 2.** Так как  $x_{n,\delta} = A^{-1} \left[ E - (E - \alpha A)^{n/3} (E - \beta A)^{n/3} (E - \gamma A)^{n/3} \right] y_\delta$ , то для того, чтобы  $x_{n,\delta}$  удовлетворяло условию  $E_\varepsilon x_{n,\delta} = 0$ , достаточно потребовать, чтобы  $E_\varepsilon y_\delta = 0$ . Таким образом, если решение  $x$  и приближенная правая часть  $y_\delta$  таковы, что  $E_\varepsilon x = 0$  и  $E_\varepsilon y_\delta = 0$ , то из сходимости  $x_{n,\delta}$  к  $x$  в энергетической норме вытекает сходимость в исходной норме гильбертова пространства и, следовательно, для сходимости приближений (2) в норме пространства  $H$  не требуется предположения истокорпредставимости точного решения.

### Список литературы

1. Landweber, L. An iteration formula for Fredholm integral equations of the first kind / L. Landweber // Am. J. Math. – 1951. – Vol. 73. – P. 615-624.
2. Константинова, Я.В. Оценки погрешности в методе итераций для уравнений I-го рода / Я.В. Константинова, О.А. Лисковец // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. I. – 1973. – № 1. – С. 9-15.

3. Matysik, O.V. Alternating step size method for solving ill-posed linear operator equations in energetic space / O.V. Matysik, Marc M. Van Hulle // J. Comp. & Appl. Math. (Elsevier). – 2022. – Nr. 416. – P. 1-12.

УДК 519.6+517.983

## РЕГУЛЯРИЗАЦИЯ НЕКОРРЕКТНЫХ ЗАДАЧ В СЛУЧАЕ НЕЕДИНСТВЕННОГО РЕШЕНИЯ ОПЕРАТОРНОГО УРАВНЕНИЯ

*М. С. Горбач,*

*БрГУ имени А. С. Пушкина, Брест*

*Научный руководитель:*

*О. В. Матысик, кандидат физико-математических наук, доцент*

В гильбертовом пространстве  $H$  решается уравнение первого рода  $Ax = y$  с положительным ограниченным самосопряженным оператором  $A$ . Будем искать его приближенное значение  $x_n$ , используя явный метод итераций

$$\begin{aligned} x_{n+1} &= x_n - \alpha_{n+1}(Ax_n - y), \quad x_0 = 0, \\ \alpha_{3n+1} &= \alpha, \quad \alpha_{3n+2} = \beta, \quad \alpha_{3n+3} = \gamma, \quad n = 0, 1, 2, \dots \end{aligned} \quad (1)$$

Далее, для упрощения считаем  $\|A\| = 1$ . Потребуем, чтобы при  $\lambda \in (0, 1]$  и положительных  $\alpha, \beta, \gamma$  выполнялись условия

$$|1 - \alpha\lambda| < 1, \quad |(1 - \alpha\lambda)(1 - \beta\lambda)| < 1, \quad |(1 - \alpha\lambda)(1 - \beta\lambda)(1 - \gamma\lambda)| < 1. \quad (2)$$

Покажем, что метод (1) пригоден и тогда, когда  $\lambda = 0$  является собственным значением оператора  $A$  (в этом случае уравнение  $Ax = y$  имеет неединственное решение, следовательно, задача некорректна).

Обозначим через  $N(A) = \{x \in H \mid Ax = 0\}$ ,  $M(A)$  – ортогональное дополнение ядра  $N(A)$  до  $H$ . Пусть  $P(A)x$  – проекция  $x \in H$  на  $N(A)$ , а  $\Pi(A)x$  – проекция  $x \in H$  на  $M(A)$ . Справедлива

**Теорема [1–2].** Пусть  $A \geq 0$ ,  $y \in H$  и выполняются условия (2). Тогда для итерационного процесса (1) верны следующие утверждения:

а)  $Ax_n \rightarrow \Pi(A)y$ ,  $\|Ax_n - y\| \rightarrow I(A, y) = \inf_{x \in H} \|Ax - y\|$ ;

б) метод (1) сходится тогда и только тогда, когда уравнение  $Ax = \Pi(A)y$  разрешимо. В последнем случае  $x_n \rightarrow P(A)x_0 + x^*$ , где  $x^*$  – минимальное решение уравнения.

Доказательство.

Применим оператор  $A$  к формуле (1), получим  $Ax_n = A(E - \alpha_n A)x_{n-1} + \alpha_n Ay$ , где  $y = P(A)y + \Pi(A)y$ . Так как  $AP(A)y = 0$ , то  $Ax_n = A(E - \alpha_n A)x_{n-1} + \alpha_n A\Pi(A)y$ . Отсюда  $Ax_n - \Pi(A)y = A(E - \alpha_n A)x_{n-1} + \alpha_n A\Pi(A)y - \Pi(A)y = A(E - \alpha_n A)x_{n-1} - (E - \alpha_n A)\Pi(A)y = (E - \alpha_n A)(Ax_{n-1} - \Pi(A)y) = (E - \alpha_n A)(E - \alpha_{n-1}A) \dots (E - \alpha_1 A)(Ax_0 - \Pi(A)y)$ . Обозначим  $v_n = Ax_n - \Pi(A)y$ , тогда  $v_n = (E - \alpha_n A)(E - \alpha_{n-1}A) \dots (E - \alpha_1 A)v_0$ . Имеем  $A \geq 0$  и  $A$  – положительно определен в  $M(A)$ , т.е.  $(Ax, x) > 0$  для любого  $x \in M(A)$ . Так как выполняются условия (2), то воспользовавшись интегральным представлением самосопряженного оператора  $A$ , получим

$$\|v_n\| = \left\| \int_0^1 (1 - \alpha_1 \lambda)(1 - \alpha_2 \lambda) \dots (1 - \alpha_n \lambda) dE_\lambda v_0 \right\| = \left\| \int_0^1 (1 - \alpha \lambda)^k (1 - \beta \lambda)^l (1 - \gamma \lambda)^m dE_\lambda v_0 \right\|$$

Здесь  $l, m, k$  – натуральные показатели, где  $l + m + k = n$ . Считаем, что  $k = l = m = n/3$ . Справедлива цепочка неравенств

$$\|v_n\| \leq \left\| \int_0^{\varepsilon_0} (1 - \alpha \lambda)^k (1 - \beta \lambda)^l (1 - \gamma \lambda)^m dE_\lambda v_0 \right\| + \left\| \int_{\varepsilon_0}^1 (1 - \alpha \lambda)^k (1 - \beta \lambda)^l (1 - \gamma \lambda)^m dE_\lambda v_0 \right\| \leq \|E_{\varepsilon_0} v_0\| + q^{n/3}(\varepsilon_0) \|v_0 - E_{\varepsilon_0} v_0\| < \varepsilon,$$

при  $\varepsilon_0 \rightarrow 0, n \rightarrow \infty$ . Здесь  $q = \max_{\lambda \in [\varepsilon_0, 1]} |(1 - \alpha \lambda)(1 - \beta \lambda)(1 - \gamma \lambda)| < 1$ . Следова-

тельно,  $v_n \rightarrow 0$ , откуда  $Ax_n \rightarrow \Pi(A)y$  и  $\Pi(A)y \in A(H)$ . Таким образом,  $\|Ax_n - y\| \rightarrow \|\Pi(A)y - y\| = \|P(A)y\| = I(A, y)$  [2]. Итак, утверждение а) доказано.

Докажем б). Пусть процесс (1) сходится. Покажем, что уравнение  $Ax = \Pi(A)y$  разрешимо. Из сходимости  $\{x_n\} \in H$  к  $z \in H$  и из а) следует, что  $Ax_n \rightarrow Az = \Pi(A)y$ , следовательно,  $\Pi(A)y \in A(H)$ , и уравнение  $\Pi(A)y = Ax$  разрешимо.

Пусть теперь  $\Pi(A)y \in A(H)$  (уравнение  $Ax = \Pi(A)y$  разрешимо), следовательно,  $\Pi(A)y = Ax^*$ , где  $x^*$  – минимальное решение уравнения  $Ax = y$  (оно единственно в  $M(A)$ ). Тогда (1) примет вид

$$\begin{aligned} x_n &= (E - \alpha_n A)x_{n-1} + \alpha_n y = (E - \alpha_n A)x_{n-1} + \alpha_n \Pi(A)y = \\ &= (E - \alpha_n A)x_{n-1} + \alpha_n Ax^* = x_{n-1} + \alpha_n A(x^* - x_{n-1}). \end{aligned}$$

Разобьем последнее равенство на два, так как  $x_n = P(A)x_n + \Pi(A)x_n$ . Тогда  $P(A)x_n = P(A)x_{n-1} + \alpha_n P(A)A(x^* - x_{n-1}) = P(A)x_{n-1} = P(A)x_0$ , так как  $AP(A)(x^* - x_{n-1}) = 0$ .

$$\begin{aligned} \Pi(A)x_n &= \Pi(A)x_{n-1} + \alpha_n \Pi(A)A(x^* - x_{n-1}) = \Pi(A)x_{n-1} + \alpha_n A(\Pi(A)x^* - \\ &\quad - \Pi(A)x_{n-1}) = \Pi(A)x_{n-1} - \alpha_n A(\Pi(A)x_{n-1} - x^*), \end{aligned}$$

так как  $x^* \in M(A)$  и, следовательно,  $\Pi(A)x^* = x^*$ . Обозначим  $\omega_n = \Pi(A)x_{n-1} - x^*$ , тогда  $\Pi(A)x_n - x^* = \Pi(A)x_{n-1} - x^* - \alpha_n A(\Pi(A)x_{n-1} - x^*)$ . Отсюда  $\omega_n = \omega_{n-1} - \alpha_n A\omega_{n-1} = (E - \alpha_n A)\omega_{n-1} = (E - \alpha_n A)(E - \alpha_{n-1} A) \dots (E - \alpha_1 A)\omega_0$  и, аналогично  $\nu_n$ , можно показать, что  $\omega_n \rightarrow 0$ ,  $n \rightarrow \infty$ . Тогда  $\Pi(A)x_n \rightarrow x^*$ .

Следовательно,  $x_n = P(A)x_n + \Pi(A)x_n \rightarrow P(A)x_0 + x^*$ . Теорема доказана.

**Замечание.** Так как у нас  $x_0 = 0$ , то  $x_n \rightarrow x^*$ , т.е. процесс (1) сходится к нормальному решению, т.е. к решению с минимальной нормой.

### Список литературы

1. Матысик, О.В. Итерационная регуляризация некорректных задач / О.В. Матысик. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Acad. Publ., 2015. – 188 с.
2. Bialy, H. Iterative Behandlung Linearer Funktionsgleichungen / H. Bialy // Arch. Ration. Mech. and Anal. – 1959. – Vol. 4, № 2. – P. 166-176.

**DERIVATIVE  $\pi$ -LENGTH OF  $\pi$ -SOLVABLE GROUPS, THE ORDER OF COFACTORS IS SQUARE-FREE**

*D. V. Gritsuk*

*Brest State A. S. Pushkin University (Brest, Belarus)  
PhD in Physics and Mathematics, Assistant professor*

Only finite groups are considered. All designations and definitions used correspond to [1, 2].

A number of subgroups

$$1 = G_0 \subseteq G_1 \subseteq G_2 \subseteq \dots \subseteq G_m = G \quad (1)$$

is called subnormal if for any  $i$  the subgroup  $G_i$  is normal in  $G_{i+1}$ . A group  $G$  is called  $\pi$ -solvable if it has a subnormal series (1), each factor of which is either a  $\pi$ -group or a  $\pi'$ -group.

Recall that the cofactor of a subgroup  $H$  of a group  $G$  is the factor group  $H/\text{Core}_G H$ , where  $\text{Core}_G H$  is the core of the subgroup  $H$  в группе  $G$ , т.е. наибольшая нормальная подгруппа в  $G$ , содержащаяся в  $H$ . В in the group  $G$ , i.e. the largest normal subgroup of  $G$  contained in  $H$ . In what follows, the cofactor of a subgroup  $H$  in a group  $G$  will be denoted by  $\text{Core}_G H$ .

In [3], the structure of a group with cyclic cofactors of primary subgroups was studied. In particular, it has been proven that the  $p$ -length of such groups does not exceed 1 for all primes  $p$ . The structure of solvable groups with bicyclic cofactors of primary subgroups is given in [4].

A number  $n$  is said to be free of  $m$ th powers if  $p^m$  does not divide  $n$  for all primes  $p$ . When  $m = 2$  they say that  $n$  is free from squares, when  $m = 3$  – from cubes.

The following theorem has been proven.

**Theorem.** If the cofactor of an arbitrary  $\pi$ -subgroup  $X$  of a  $\pi$ -soluble group  $G$  is square-free, then  $l_\pi^a(G/\Phi(G)) \leq 4$ .

### Bibliography

1. Huppert, B. Endliche Gruppen I / B. Huppert // Berlin-Heidelberg-New York: Springer, 1967. – 793 c.
2. Monakhov, V.S. Introduction to the theory of finite groups and their classes / V.S. Monakhov // Minsk: Higher School. – 2006. – 207 p.
3. Yufeng Liu, Yi Xiaolan Finite groups in which primary subgroups have cyclic cofactors // Bull. Malays. Math. Sci. Soc. 2011. Vol. 34. №. 2. P. 337–344.
4. Trofimuk, A.A. Finite solvable groups with bicyclic cofactors of primary subgroups / A.A. Trofimuk, D.D. Daudov // NAS of Belarus. Proceedings of the Institute of Mathematics. – 2016. – Т. 24. – No. 1. – pp. 95–99.

## ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОЧЕЙ СИЛЫ

*Д. А. Дворанинович*

*БрГТУ, Брест*

*Научный руководитель: Т. Г. Хомицкая*

**Аннотация:** представлена программная реализация применения методов динамического программирования для осуществления планирования производственных процессов на примере задачи распределения рабочей силы.

**Ключевые слова:** планирование, динамическое программирование

**Актуальность.** В реальной жизни часто при исследовании производственных процессов встречаются задачи, которые представляют собой совокупность подзадач, рассматриваемых на некоторых шагах или этапах. В частности, такими могут быть задачи планирования и распределения. Структура представления задач данного класса наталкивает на использование при их решении методов динамического программирования.

**Постановка задачи.** Динамическое программирование определяет оптимальное решение  $n$ -мерной задачи путем ее декомпозиции на  $n$  этапов, каждый из которых представляет подзадачу относительно одной переменной. [1, с. 343; 2, с.441] Вычислительное преимущество такого подхода состоит в том, что выполняется решение одномерных оптимизационных подзадач вместо большой  $n$ -мерной задачи. Фундаментальным принципом динамического программирования, составляющим основу декомпозиции задачи, является оптимальность. Так как природа каждого этапа решения зависит от конкретной оптимизационной задачи, динамическое программирование не предлагает вычислительных алгоритмов непосредственно для каждого этапа. Вычислительные аспекты решения оптимизационных подзадач на каждом этапе проектируются и реализуются по отдельности (что, конечно, не исключает применения единого алгоритма для всех этапов).

Вычисления в динамическом программировании выполняются рекуррентно в том смысле, что оптимальное решение одной подзадачи используется в качестве исходных данных для следующей подзадачи. Решив последнюю подзадачу, будет получено оптимальное решение исходной задачи. Способ выполнения рекуррентных вычислений зависит от того, как производится декомпозиция исходной задачи. В частности, подзадачи обычно связаны между собой некоторыми общими ограничениями. Если осуществляется переход от одной подзадачи к другой, то должны учитываться эти ограничения.

В общем случае задача динамического программирования о распределении рабочей силы формируется следующим образом: При выполнении некоторых проектов число рабочих, необходимых для реализации какого-либо проекта,

регулируется путем их найма и увольнения. Поскольку как найм, так и увольнение рабочих связано с дополнительными затратами, необходимо определить, каким образом должна регулироваться численность рабочих в период реализации проекта [2, с. 455].

Задача планирования рабочей силы является задачей динамического программирования. При рассмотрении задачи можно выделить три основных элемента моделей динамического программирования [2, с. 446].

1. Определение этапов.
2. Определение на каждом этапе вариантов решения (альтернатив).
3. Определение состояний на каждом этапе.

**Математическое обоснование.** Предположим, что проект будет выполняться в течение  $n$  недель и минимальная потребность в рабочей силе на протяжении  $i$ -ой недели составит  $b_i$  рабочих. При идеальных условиях хотелось бы на протяжении  $i$ -ой недели иметь ровно  $b_i$  рабочих.

Однако, в зависимости от стоимостных показателей может быть более выгодным отклонение численности рабочей силы как в одну, так и в другую сторону от минимальных потребностей.

Элементы модели динамического программирования определяются следующим образом:

1. *Этап  $i$*  представляется порядковым номером недели  $i$ ,  $i = 1, 2, \dots, n$ .
2. *Вариантами решения* на  $i$ -м этапе являются значения  $x_i$  – количество работающих на протяжении  $i$ -й недели.
3. *Состоянием* на  $i$ -м этапе является  $x_{i-1}$  количество работающих на протяжении  $(i - 1)$ -й недели (этапа).

В общем случае для подобной задачи можно вычислить общую формулу, которую можно модифицировать под нужды конкретной задачи.

$$f_i(x_{i-1}) = \min_{x_i \geq b_i} \{C_1 * (x_i - b_i) + C_2 * (x_i - x_{i-1}) + f_{i+1}(x_i)\}, i = 1, 2, \dots, n$$

где  $f_{n+1}(x_n) \equiv 0$ ,

$C_1$  – содержание избытка рабочей силы,

$C_2$  – сумма найма рабочих на неделю,

$b_i$  – минимум рабочей силы.

Вычисления начинаются с этапа  $n$  при  $x_n = b_n$  и заканчиваются на этапе 1 [2, с. 455].

К особенностям данной модели можно отнести то, что вычисления начинаются с последнего этапа, передвигаясь к начальному этапу с конца. Для цели упрощения математических операций, в данной задаче конечное число рабочих принимается за необходимое количество рабочих, что даёт максимальную оптимизацию на последнем этапе.

Модификации данного алгоритма могут применяться для разных задач так или иначе связанных с планированием рабочей силы или распределением ее во времени на производственных участках.

**Процесс реализации алгоритма.** Для реализации данного алгоритма в его классическом виде использовался язык C++. Была создана структура, которая представляет собой таблицу с реализацией расчета на каждом этапе. При этом заполнение таблиц и получение результата вынесено за пределы данной структуры и предоставляет собой отдельный модуль, в который включен массив из структур и проведение вычислений по алгоритму.

Изначально пользователь с клавиатуры вводит значения для системы, которые будут применяться для расчета. Этот этап является общим для всей программы. Вариант реализации представлен на рисунке 1.

```
Период (количество периодов): 5
Минимальная потребность в рабочей силе по периодам:
Минимальная потребность в рабочей силе по периоду №1: 8
Минимальная потребность в рабочей силе по периоду №2: 7
Минимальная потребность в рабочей силе по периоду №3: 4
Минимальная потребность в рабочей силе по периоду №4: 8
Минимальная потребность в рабочей силе по периоду №5: 7
Стоимость содержания избытка одного рабочего: 4
Стоимость найма одного рабочего: 4
Стоимость содержания одного рабочего: 5
```

*Рисунок 1 – Пример заполнения изначальных параметров системы.*

В программе предусмотрено два варианта работы: автоматизированный и автоматический.

В автоматизированном режиме пользователь получает совокупность таблиц (рисунок 2), с помощью которых пользователь сам принимает решение по распределению персонала.

№5	7	F(x)	x*				
8	0	0	7				
№4	8	F(x)	x*				
4	24	24	8				
5	19	19	8				
6	14	14	8				
7	9	9	8				
8	0	0	8				
№3	4	5	6	7	8	F(x)	x*
7	24	23	22	21	25	21	7
8	24	23	22	21	16	16	8
№2	7	8	F(x)	x*			
8	21	20	20	8			
№1	8	F(x)	x*				
0	64	64	8				

Рисунок 2 – Пример работы автоматизированного режима программы.

В автоматическом случае работы программы, пользователь получает готовое распределение в виде таблицы, в котором указаны: номер периода, минимальная потребность в рабочей силе и оптимальное количество работников. Пример вывода указан на рисунке 3.

№Пер.	мин	раб
1	8	8
2	7	8
3	4	8
4	8	8
5	7	7

Рисунок 3 – Пример работы автоматического режима программы.

**Практическое применение.** Представленная программа может использоваться для обучения студентов методам динамического программирования по предмету «Системный анализ и исследование операций», а так же для планирования распределения персонала по производственным участкам. Разработанная программа может служить основой для реализации более сложных алгоритмов планирования.

**Вывод.** Модели динамического программирования являются эффективным инструментом решения прикладных задач. Посредством моделей динамического

программирования и их модификаций, возможно решение комплексных и изменяемых во времени задач, которые решить стандартными линейными математическими методами практически невозможно.

### Список литературы:

1. Жолобов, Д.А. Введение в математическое программирование: Учебное пособие. – М.:МИФИ, 2008. – 376 с.
2. Таха, Хэмди А. Введение в исследование операций, 7-е издание.: Пер. с англ. – М. : Издательский дом “Вильямс”, 2007. – 912 с.

УДК 004.021:032.26

## ОБУЧЕНИЕ ДВУХКОМПОНЕНТНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

*В. М. Жежеров, Т. А. Лузько*

*Брестский государственный технический университет, г. Брест*

*Научные руководители: Л. П. Махнист, канд. техн. наук, доцент,*

*Т. И. Каримова, канд. физ.-мат. наук, доцент*

В работе рассматривается обучение искусственных нейронных сетей прямого распространения с использованием метода обратного распространения ошибки.

Предполагалось, что все слои сети содержат два нейронных элемента.

Обучение такой нейронной сети с использованием метода обратного распространения ошибки состояло в нахождении весовых коэффициентов  $w_{ij}$  и порогов  $T_j$  нейронной сети, которые минимизируют функцию ошибки сети, построенную по методу наименьших квадратов

$$E(w_{11}, w_{21}, T_1, w_{12}, w_{22}, T_2) = \frac{1}{2} \left( (y_1 - t_1)^2 + (y_2 - t_2)^2 \right),$$

где  $y_j = F(S_j)$  – значение гладкой функции активации  $j$ -го выходного нейрона сети,  $S_j = w_{1j}x_1 + w_{2j}x_2 - T_j$ ,  $x_i$  – выходное значение  $i$ -го нейрона предыдущего слоя,

$t_j$  – ожидаемый выход  $j$ -го выходного нейрона ( $i = \overline{1, 2}$ ,  $j = \overline{1, 2}$ ).

Используем обозначения:

$\overline{W} = (w_{11}, w_{21}, T_1, w_{12}, w_{22}, T_2)^T$  – вектор-столбец весовых коэффициентов  $w_{ij}$  и

порогов  $T_j$  нейронной сети, а  $\overline{W}_j = (w_{1j}, w_{2j}, T_j)^T$  – вектор-столбец весовых коэффициентов  $w_{ij}$  и порога  $T_j$ , связанных с  $j$ -ым выходным нейроном сети,

$E(\bar{W}) = E(\bar{W}_1) + E(\bar{W}_2)$  – функция ошибки сети  $E(\bar{W}_j) = \frac{1}{2}(y_j - t_j)^2$  – функция ошибки  $j$ -го выходного нейрона сети.

Изменение весовых коэффициентов  $w_{ij}$  и порогов  $T_j$  нейронной сети на каждом шаге обучения  $(t+1)$  ( $t=1, 2, \dots$ ) производился по формулам:

$$\bar{W}_j(t+1) = \bar{W}_j(t) - \alpha(t) \nabla E(\bar{W}_j(t)), \quad (1)$$

где  $\nabla E(\bar{W}_j(t))$  – градиент функции ошибки сети  $j$ -го выходного нейрона  $E(\bar{W}_j(t))$  (например, в [1–2]).

Заметим, что в [3] рассматривались различные подходы к выбору шага обучения нейронной сети  $\alpha(t)$ , производился их сравнительный анализ с точки зрения сходимости алгоритма обучения с использованием метода наискорейшего спуска.

После вычисления весовых коэффициентов  $w_{ij}$  и порогов  $T_j$  последнего слоя вычисляли ожидаемые выходы нейронов предыдущего слоя  $t_i = x_i$ , которые минимизируют ошибку сети, как функцию, зависящую от значений  $x_i$ :

$$E(\bar{X}) = E(x_1, x_2) = \frac{1}{2}((y_1 - t_1)^2 + (y_2 - t_2)^2).$$

Пусть  $\bar{X} = (x_1, x_2)^T$  – вектор-столбец выходных значений нейронов предыдущего слоя.

Ожидаемые выходы нейронов предыдущего слоя  $t_i = x_i$  производились с использованием метода наискорейшего спуска на каждом шаге  $(t+1)$  ( $t=1, 2, \dots$ ) по формуле:

$$\bar{X}(t+1) = \bar{X}(t) - \beta(t) \nabla E(\bar{X}(t)), \quad (2)$$

где  $\nabla E(\bar{X}(t))$  – градиент функции ошибки сети  $E(\bar{X}(t))$ .

Соблюдая условия, приведенные, например, в [4], шаг  $\beta(t)$  вычислялся по формуле:

$$\beta(t) = \frac{(\nabla E(\bar{X}(t)), \nabla E(\bar{X}(t)))}{(\nabla^2 E(\bar{X}(t)) \cdot \nabla E(\bar{X}(t)), \nabla E(\bar{X}(t)))}, \quad (3)$$

где  $\nabla^2 E(\bar{X}(t)) \cdot \nabla E(\bar{X}(t))$  – произведение матрицы Гессе  $\nabla^2 E(\bar{X}(t))$  функции  $E(\bar{X}(t))$  и вектора градиента  $\nabla E(\bar{X}(t))$ , а  $(\nabla E(\bar{X}(t)), \nabla E(\bar{X}(t)))$  и  $(\nabla^2 E(\bar{X}(t)) \cdot \nabla E(\bar{X}(t)), \nabla E(\bar{X}(t)))$  – скалярные произведения соответствующих векторов.

Формулы (2) и (3) дают возможность определить ожидаемые выходы нейронов предыдущего слоя  $t_i = x_i$ . По формуле (1) производится изменение весовых коэффициентов и порогов предыдущего слоя.

Получены простые формулы (1)–(3) для рассматриваемой архитектуры сети.

### Список литературы

1. Maniakov, N. Traing algorithm for forecasting multilayer neural network / N. Maniakov, L. Makhnist, V. Rubanov // Pattern Recognition and Information Processing : Proc. of The Seventh Intern. Conf. (PRIP'2003), Minsk, Republic of Belarus, 21–23 May 2003 : in 2 vol. – Minsk, 2003. – Vol. 1. – P. 26–30.
2. Makhnist, L. Some Methods of Adaptive Multilayer Neural Network Training / L. Makhnist, N. Maniakov // International Journal of Computing. – 2004. – Vol. 3. – P. 99–106.
3. Makhnist, L. Convergence analysis of neural networks training based on steepest descent method / L. Makhnist, A. Doudkin, V. Golovko // Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2007) : Proc. of the Ninth Intern. Conf., Minsk, Republic of Belarus, 22–24 May 2007 : in 2 vol. – Minsk, 2007. – Vol. 1. – P. 285–289.
4. Махнист, Л. П. Использование алгоритмов обучения однослойной сети для многослойных нейронных сетей прямого распространения / Л. П. Махнист, В. А. Головкин, И. И. Гладкий // Вестн. Брест. гос. техн. ун-та. Сер.: Физика, математика, информатика. – 2020. – № 5. – С. 32–37.

УДК 519.6+517.983

## ВЫБОР МОМЕНТА ОСТАНОВА В ИТЕРАЦИОННОМ МЕТОДЕ ЯВНОГО ТИПА РЕШЕНИЯ НЕКОРРЕКТНЫХ УРАВНЕНИЙ ПЕРВОГО РОДА

*А. В. Жорох,*

*БрГУ имени А. С. Пушкина, Брест*

*Научный руководитель:*

*О. В. Матысик, кандидат физико-математических наук, доцент*

В действительном гильбертовом пространстве  $H$  решается линейное уравнение первого рода  $Ax = y$ , где  $A: H \rightarrow H$  — положительный ограниченный самосопряженный оператор ( $0 \in SpA$ , и, следовательно, рассматриваемая задача некорректна). Решать данную задачу будем при помощи *итерационного метода явного типа*

$$x_{n+1} = x_n + \alpha A(y - Ax_n), \quad x_0 = 0. \quad (1)$$

В случае приближенной правой части  $y_\delta$  ( $\|y - y_\delta\| \leq \delta$ ) соответствующие процедуре (1) итерации примут вид

$$x_{n+1,\delta} = x_{n,\delta} + \alpha A(y_\delta - Ax_{n,\delta}), \quad x_{0,\delta} = 0. \quad (2)$$

Под сходимостью метода (2) понимается утверждение о том, что приближения (2) сколь угодно близко подходят к точному решению уравнения  $Ax = y$  при подходящем выборе  $n$  и достаточно малых  $\delta$ .

Рассмотрим сходимость метода (1) при точной правой части  $y$  операторного уравнения  $Ax = y$ . Нетрудно показать по индукции, что  $x_n = A^{-1} \left[ E - (E - \alpha A^2)^n \right] y$ .

Тогда  $x - x_n = A^{-1} (E - \alpha A^2)^n y$ . Используя [1–2] интегральное представление самосопряженного оператора  $A = \int_0^M \lambda dE_\lambda$  ( $M = \|A\|$ ,  $E_\lambda$  – соответствующая опера-

тору  $A$  спектральная функция), получим  $x - x_n = \int_0^M \lambda^{-1} (1 - \alpha \lambda^2)^n dE_\lambda y$ . Для сходимости метода (1) потребуем, чтобы  $|1 - \alpha \lambda^2| < 1$ ,  $\lambda \in (0, M]$ . Отсюда

$$0 < \alpha < \frac{2}{M^2}. \quad (3)$$

Разобьем выписанный интеграл на два интеграла

$$x - x_n = \int_0^\varepsilon \lambda^{-1} (1 - \alpha \lambda^2)^n dE_\lambda y + \int_\varepsilon^M \lambda^{-1} (1 - \alpha \lambda^2)^n dE_\lambda y.$$

При условии (3)  $|1 - \alpha \lambda^2| \leq q < 1$  для  $\lambda \in [\varepsilon, M]$ , поэтому

$$\left\| \int_\varepsilon^M \lambda^{-1} (1 - \alpha \lambda^2)^n dE_\lambda y \right\| \leq q^n \left\| \int_\varepsilon^M \lambda^{-1} dE_\lambda y \right\| = q^n \left\| \int_\varepsilon^M dE_\lambda x \right\| \rightarrow 0, \quad n \rightarrow \infty.$$

Для первого интеграла

$$\left\| \int_0^\varepsilon \lambda^{-1} (1 - \alpha \lambda^2)^n dE_\lambda y \right\| \leq \left\| \int_0^\varepsilon \lambda^{-1} dE_\lambda y \right\| = \left\| \int_0^\varepsilon dE_\lambda x \right\| = \|E_\varepsilon x\| \rightarrow 0,$$

так как  $E_\varepsilon$  сильно стремится к нулю при  $\varepsilon \rightarrow 0$  [1–2].

Таким образом,  $\|x - x_n\| \rightarrow 0$ ,  $n \rightarrow \infty$  и, значит, сходимость метода (1) к точному решению  $x$  для случая  $x_0 = 0$  при условии (3) доказана, т.е. доказана

**Теорема 1.** При условии (3) итерационный процесс (1) сходится в исходной норме гильбертова пространства.

Скорость убывания к нулю  $\|x - x_n\|$  неизвестна и может быть сколь угодно малой. Для ее оценки предположим, что решение  $x$  истокопредставимо, т.е.

$$x = A^s z, s > 0. \text{ Значит, } y = A^{s+1} z \text{ и } x - x_n = \int_0^M \lambda^{-1} (1 - \alpha \lambda^2)^n dE_\lambda y = \int_0^M \lambda^s (1 - \alpha \lambda^2)^n dE_\lambda z.$$

Чтобы получить оценку для  $\|x - x_n\|$ , оценим максимум модуля подынтегральной функции  $f(\lambda) = \lambda^s (1 - \alpha \lambda^2)^n$ . Для этого  $f'(\lambda)$  приравняем к нулю  $f'(\lambda) = \lambda^{s-1} (1 - \alpha \lambda^2)^{n-1} [s - (2n + s)\alpha \lambda^2] = 0$ . Отсюда видно, что производная обращается в нуль при равенстве нулю любого из трех сомножителей. Но при обращении в нуль первых двух  $f(\lambda)$  тоже обращается в нуль. Поэтому остается

$$s - (2n + s)\alpha \lambda^2 = 0, \text{ откуда } \lambda^* = \left[ \frac{s}{(2n + s)\alpha} \right]^{\frac{1}{2}} \text{ - стационарная точка. Она является точ-$$

$$\text{кой локального максимума, так как } f''(\lambda^*) = - \left[ \frac{s}{(2n + s)\alpha} \right]^s \left( \frac{2n}{2n + s} \right)^{n-1} 2(2n + s)\alpha^2 < 0.$$

Оценим  $f(\lambda^*) = |f(\lambda^*)|$ :

$$\begin{aligned} f(\lambda^*) &= \lambda^s (1 - \alpha \lambda^2)^n \Big|_{\lambda=\lambda^*} = s^{\frac{s}{2}} \alpha^{-\frac{s}{2}} (2n + s)^{-\frac{s}{2}} \left( \frac{2n}{2n + s} \right)^n = \\ &= s^{\frac{s}{2}} \alpha^{-\frac{s}{2}} (2n)^{-\frac{s}{2}} \left( \frac{2n + s}{2n} \right)^{-n - \frac{s}{2}} = s^{\frac{s}{2}} \alpha^{-\frac{s}{2}} (2n)^{-\frac{s}{2}} \left[ \left( 1 + \frac{s}{2n} \right)^{\frac{2n}{s}} \right]^{\frac{s}{2n} \left( -n - \frac{s}{2} \right)} < \\ & \qquad \qquad \qquad s^{\frac{s}{2}} (2n\alpha e)^{-\frac{s}{2}}. \end{aligned}$$

Нетрудно показать, что последнее значение не меньше максимального значения модуля  $|f|$  для всех  $\alpha$ , удовлетворяющих условию

$$0 < \alpha \leq \frac{5}{4M^2}. \quad (4)$$

Таким образом, при  $\alpha$ , удовлетворяющему условию (4), справедлива следующая оценка  $\max_{\lambda \in [0, M]} |f(\lambda)| < s^{s/2} (2n\alpha e)^{-s/2}$ , следовательно,  $\|x - x_n\| < s^{s/2} (2n\alpha e)^{-s/2} \|z\|$ .

Оценим  $\|x_n - x_{n,\delta}\|$ , где  $x_n - x_{n,\delta} = \int_0^M \lambda^{-1} \left[ 1 - (1 - \alpha \lambda^2)^n \right] dE_\lambda (y - y_\delta)$ . Для этого оценим подынтегральную функцию (она положительна)  $g_n(\lambda) = \lambda^{-1} \left[ 1 - (1 - \alpha \lambda^2)^n \right]$ . По индукции нетрудно доказать, что для  $n \geq 2$  при

условии (4) справедлива оценка  $g_n(\lambda) \leq 2n^{\frac{1}{2}} \alpha^{\frac{1}{2}}$ . Общая оценка погрешности метода (2) для истокорпредставимого решения при условии (4) имеет вид

$$\|x - x_{n,\delta}\| \leq s^{\frac{s}{2}} (2n\alpha e)^{-\frac{s}{2}} \|z\| + 2n^{\frac{1}{2}} \alpha^{\frac{1}{2}} \delta, \quad n \geq 2. \quad (5)$$

Итак, доказана

**Теорема 2.** *Итерационный процесс (2) при условии (4) сходится, если выбрать число итераций  $n$  из условия  $n^{\frac{1}{2}} \delta \rightarrow 0, n \rightarrow \infty, \delta \rightarrow 0$ . Для процесса (2) при условии (4) и  $x = A^s z, s > 0$ , справедлива оценка погрешности (5).*

Оптимизируем оценку (5). Для этого при заданном  $\delta$  найдем такое  $n_{\text{опт}}$ , при котором оценка погрешности будет минимальной. Приравняв нулю производную по  $n$  от правой части неравенства (5), получим априорный момент останова:

$$n_{\text{опт}} = s^{\frac{s+2}{s+1}} 2^{-\frac{s+2}{s+1}} \alpha^{-1} e^{\frac{s}{s+1}} \|z\|^{\frac{2}{s+1}} \delta^{-\frac{2}{s+1}}.$$

### Список литературы

1. Матысик, О.В. Явные и неявные итерационные процедуры решения некорректно поставленных задач / О.В. Матысик. – Брест: Брест. гос. ун-т, 2014. – 213 с.
2. Матысик, О.В. Итерационная регуляризация некорректных задач / О.В. Матысик. – Saarbrücken : LAP LAMBERT Acad. Publ., 2015. – 188 с.

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИСПЕРСИИ ОЦЕНКИ СПЕКТРАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ ДЛЯ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ ИНТЕРВАЛОВ

*Е. И. Мирская*

*Учреждение образования «Брестский государственный университет  
имени А.С. Пушкина» г. Брест, Республика Беларусь*

*Т. И. Каримова*

*Учреждение образования «Брестский государственный технический  
университет» г. Брест, Республика Беларусь*

Одной из задач спектрального анализа временных рядов является построение состоятельных в среднеквадратическом смысле оценок спектральной плотности и исследование их статистических свойств.

Метод Уэлча [1] является одним из методов спектрального оценивания, позволяющих получить оценку спектральной плотности непосредственно по исходному набору данных, и состоит в усреднении модифицированных периодограмм по пересекающимся и непересекающимся интервалам наблюдений.

Рассмотрим действительный стационарный случайный процесс  $X(t) = \{X_a(t), a = \overline{1, r}\}$ ,  $t \in Z$ , с неизвестной взаимной спектральной плотностью  $f_{ab}(\lambda)$ ,  $\lambda \in \Pi = [-\pi, \pi]$ ,  $a, b = \overline{1, r}$ .

Пусть заданы  $X_a(0), X_a(1), \dots, X_a(T-1)$  –  $T$  последовательных наблюдений, полученных через равные промежутки, за составляющей  $X_a(t)$  процесса  $X(t)$ ,  $t \in Z$ ,  $a = \overline{1, r}$ .

Предполагаем, что число наблюдений  $T$  представимо в виде  $T = L(N - M) + M$ , где  $L$  – число пересекающихся интервалов разбиения длины  $N$ ,  $0 \leq M < N$ .

Рассмотрим на  $l$ -ом интервале расширенную периодограмму вида

$$I_{ab}^{l(N-M)}(\lambda) = d_a^{l(N-M)}(\lambda) \overline{d_b^{l(N-M)}(\lambda)}, \quad (1)$$

где  $l = \overline{1, L}$ ,  $\lambda \in \Pi$ ,  $a, b = \overline{1, r}$ .

В качестве оценки неизвестной взаимной спектральной плотности  $f_{ab}(\lambda)$ ,  $\lambda \in \Pi$ , в работе исследована статистика, построенная по методу Уэлча, вида

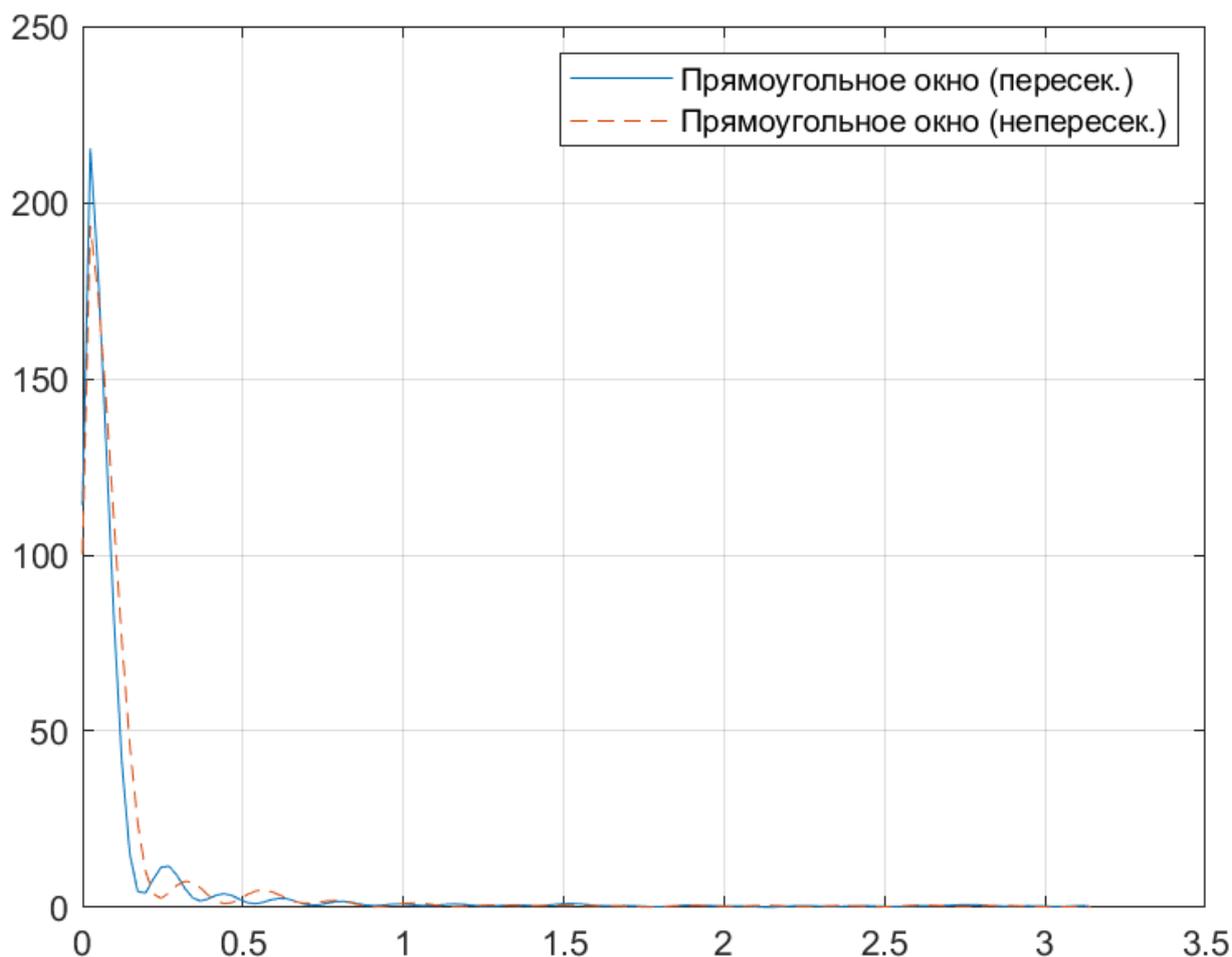
$$\hat{f}_{ab}^{(T)}(\lambda) = \frac{1}{L} \sum_{l=1}^L I_{ab}^{l(N-M)}(\lambda), \quad (2)$$

Исследованы асимптотические свойства математического ожидания и дисперсии оценки, заданной соотношением (2). Показано, что построенная оценка является асимптотически несмещенной оценкой взаимной спектральной плотности случайного процесса.

Используя математический пакет MatLab, проведен сравнительный анализ дисперсии построенной оценки спектральной плотности для конкретных окон просмотра данных с разной степенью пересечения интервалов для временного ряда, представляющего собой данные о недельном товарообороте организации розничной торговли ООО «Санта Ритейл» в период с 2019 года по 2022 год.

При построении оценок были использованы следующие окна просмотра данных: Бартлетта, Хемминга, Блэкмана, Блэкмана-Харриса, Бохмана, Чебышева, Гаусса, Ханна, Кайзера, Парзена, прямоугольное окно, треугольное окно, окно Тьюки, модифицированное окно Бартлетта-Ханна.

Был также проведен сравнительный анализ дисперсии оценки, построенной для пересекающихся и непересекающихся интервалов наблюдений.



**Рисунок 1** Графики оценки спектральной плотности для временного ряда с использованием прямоугольного окна по пересекающимся и непересекающимся интервалам наблюдений

Сравнивая графики оценки спектральной плотности, построенной для пересекающихся и непересекающихся интервалов наблюдений (при фиксированном прямоугольном окне просмотра данных) можно заметить, что меньшей дисперсией обладает статистика, построенная для пересекающихся интервалов наблюдений.

### Список литературы

1. Welch, P.D. The use of FFT for the estimation of power spectra / P.D. Welch // IEEE Trans. Electroacoust. – 1967. – Vol. 15. – P.70-73.

УДК 535:621.373.8

## ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА МАТРИЦ ПЕРЕНОСА ДЛЯ РАСЧЕТОВ МНОГОСЛОЙНЫХ ВОЛНОВОДНЫХ СТРУКТУР

*Н. П. Тарасюк, Е. Н. Тарасюк, В. А. Кузуб*

*Брестский государственный технический университет, г. Брест*

Для эффективного создания приборов оптоэлектроники необходимо применение сложных многослойных волноводов. Это осложняет использование аналитических расчетов. В данном случае для расчета используются численные методы. Для расчета оптических свойств слоистых гетероструктур применяется метод матриц переноса (ММП).

Рассмотрим многослойную волноводную структуру [1]. Рассмотрим случай ТЕ – мод, распространяющихся в направлении оси  $z$ , направленной вдоль слоев. Выражение для напряженности электрического поля имеет вид:

$$E_y(x, z, t) = E_{y,j}(x) \exp[i(\omega t - \beta z)] \quad (1)$$

для  $j$ -го слоя. Амплитуда напряженности электрического вектора  $E_{y,j}(x)$  удовлетворяет волновому уравнению:

$$\frac{\partial^2 E_{y,j}(x)}{\partial x^2} - (\beta^2 - k_0^2 \tilde{n}_j^2) E_{y,j}(x) = 0, \quad (2)$$

где  $\beta = \beta_{re} + i\beta_{im}$  – проекция волнового вектора  $k_0 = \frac{2\pi}{\lambda}$  на плоскость структуры,  $\tilde{n}_j = n + ik$  – комплексный показатель преломления  $j$ -го слоя. Решение уравнения (2) имеет вид

$$E_{y,j}(x) = A_j \exp[\gamma_j(x - L_j)] + B_j \exp[-\gamma_j(x - L_j)], \quad (3)$$

где  $\gamma_j = \sqrt{\beta^2 - k_0^2 \tilde{n}_j^2}$ ,  $L_j$  – координаты границы между  $j$  и  $j+1$  слоями,  $A_j$  и  $B_j$  – комплексные коэффициенты, определяемые из граничных условий.

Граничные условия следуют из непрерывности тангенциальной составляющей вектора напряженности электромагнитного поля и его производной вдоль нормали к поверхности. В данном случае они будут выглядеть следующим образом:

$$\begin{aligned}
A_j \exp[\gamma_j d_j] + B_j \exp[-\gamma_j d_j] &= A_{j+1} + B_{j+1} \\
A_j \frac{\gamma_j}{\gamma_{j+1}} \exp[-\gamma_j d_j] - B_j \frac{\gamma_j}{\gamma_{j+1}} \exp[\gamma_j d_j] &= A_{j+1} - B_{j+1},
\end{aligned} \tag{4}$$

где  $d_j$  – толщина  $j$ -го слоя. Выражения (4) можно представить в матричном виде:

$$\begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}_{j+1} = T_j \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}_j, \tag{5}$$

где

$$T_j = \begin{bmatrix} \left(1 + \frac{\gamma_j}{\gamma_{j+1}}\right) \frac{\exp[\gamma_j d_j]}{2} & \left(1 - \frac{\gamma_j}{\gamma_{j+1}}\right) \frac{\exp[-\gamma_j d_j]}{2} \\ \left(1 - \frac{\gamma_j}{\gamma_{j+1}}\right) \frac{\exp[\gamma_j d_j]}{2} & \left(1 + \frac{\gamma_j}{\gamma_{j+1}}\right) \frac{\exp[-\gamma_j d_j]}{2} \end{bmatrix}.$$

Рекурсивные соотношения для коэффициентов первого и последнего слоев имеют вид:

$$\begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}_m = T_{m-1} T_{m-2} \dots T_3 T_2 T_1 \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}_1 = T_{tot} \begin{bmatrix} A \\ B \end{bmatrix}_1 \tag{6}$$

Для направляемых мод напряженность электромагнитного поля на бесконечности стремится к нулю  $E_y(x \rightarrow \pm\infty) \rightarrow 0$ . Поэтому  $B_1 = 0$ ,  $A_m = 0$ .

В результате получаем:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ B_m \end{bmatrix} = T_{tot} \begin{bmatrix} A_1 \\ 0 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} \\ t_{21} & t_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ 0 \end{bmatrix} \tag{7}$$

В итоге граничные условия сводятся к уравнению:

$$t_{11}(\beta) = 0 \tag{8}$$

Для решения уравнения (8) использовался алгоритм скоростного спуска.

По известной величине  $\beta$ , определялся фактор оптического ограничения структуры. Он выражается следующей формулой [2]:

$$\Gamma = \frac{x_b \int E_y^2(x) dx}{\int_{-\infty}^{+\infty} E_y^2(x) dx}, \tag{9}$$

где в числителе интегрирование производится по области квантовых ям.

В качестве примера применения ММП [3, 4] покажем на расчете фактора оптического ограничения и удельного фактора оптического ограничения (фактора, приходящегося на одну яму) гетероструктур с активной областью, состоящей из одной, трех и пяти квантовых ям  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  шириной 1 нм с барьерами  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{N}$  шириной 10 нм, с характерными для MOVPE и MBE роста ширинами 1500 нм.

Расчет фактора оптического ограничения был выполнен для длины волны 300 нм. Результаты моделирования приведены на рисунках 1–2.

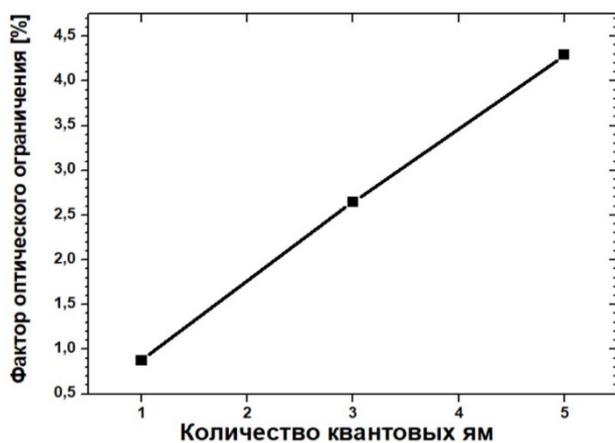


Рисунок 1 – Зависимость фактора оптического ограничения от количества квантовых ям

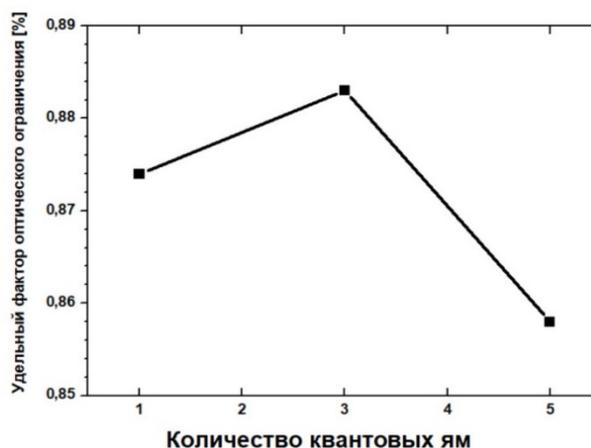


Рисунок 2 – Зависимость удельного фактора оптического ограничения от количества квантовых ям.

Из рисунков 1 и 2 видно, что у гетероструктур с пятью квантовыми ямами фактор оптического ограничения в 1,6 и 4,9 раз больше, чем у гетероструктуры соответственно с тремя и одной квантовыми ямами. Однако наибольший удельный фактор оптического ограничения соответствует гетероструктуре с тремя квантовыми ямами.

Увеличение фактора оптического ограничения позволит понизить порог генерации оптически накачиваемых лазеров.

### Список литературы

1. Bergmann, M. J. Optical-field calculations for lossy multiple-layer  $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}/\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  laser diodes / M. J. Bergmann, and H. C. Casey, Jr. // J. Appl. Phys. – 1998. – Vol. 84, Iss. 3. – P. 1196–1203.
2. Адамс, М. Введение в теорию оптических волноводов / М. Адамс. Москва: Мир, 1984. – 512 с.
3. Lutsenko, E. V. Investigation of photoluminescence, stimulated emission, photoreflectance and 2DEG properties of double heterojunction AlGa<sub>x</sub>N/GaN/AlGa<sub>x</sub>N HEMT heterostructures grown by ammonia MBE. / E. V. Lutsenko, M. V. Rzheutski, A. G. Vainilovich, I. E. Svitsiankou, N. P. Tarasuk, G. P. Yablonskii, A. Alyamani, S. I. Petrov, V. V. Mamaev, A. N. Alexeev // Phys. Stat. Sol. (a). –2018. –V.215, Iss.9. – 1700602.
4. Тарасюк, Н. П. Фактор оптического ограничения и пороговые условия генерации оптически накачиваемых полупроводниковых лазеров на квантоворазмерных структурах InGa<sub>x</sub>N/GaN, выращенных на кремниевых подложках / Н. П. Тарасюк, А. А. Гладышук, Е. В. Луценко // Вестник БГТУ. Физика, математика, химия. – 2002. – № 5. – С. 8–13.

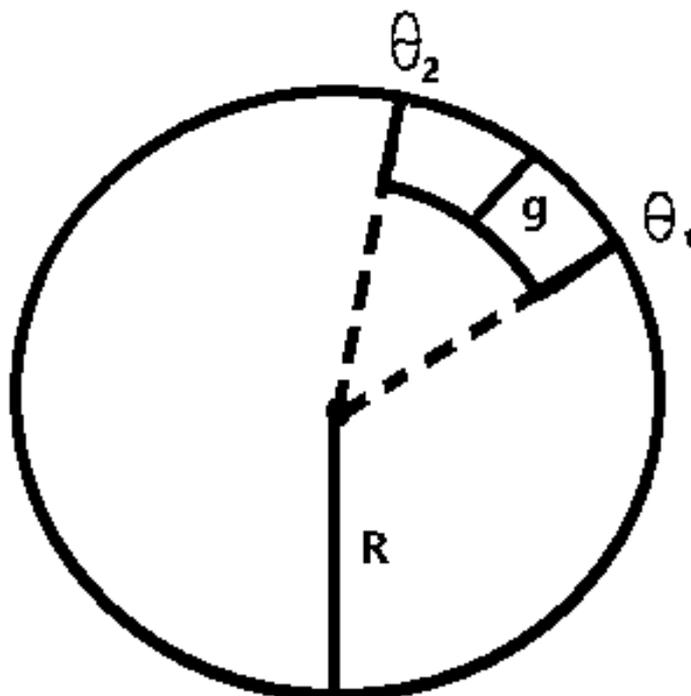
## АЛГОРИТМ РАСЧЕТА ЦЕНТРА МАСС КРУГА С ПОВРЕЖДЕННЫМ СЕКТОРОМ

*Д. И. Хоха*

*УО «ГрГУ им. Я. Купалы», Гродно*

*Научный руководитель: И. В. Трифонова, кандидат физ.-мат. наук*

Ставится задача: составить алгоритм расчета центра масс поврежденного круга, где поврежденным является некоторый сектор, где известна начальный и конечный углы поврежденного сектора круга и глубина повреждения, как показано на рисунке 1.



*Рисунок 1. Круг с поврежденным сектором*

Пусть центр координат совпадает с центром рассматриваемого круга. Тогда вычисление абсциссы центра масс не поврежденной части круга можно осуществить по формуле [1, с. 6-7; 2, с. 35]:

$$x_{cm} = \frac{1}{m} \int x dm,$$

где  $m$  – масса рассматриваемой части круга.

Заменим  $x = r \cos(\theta)$  из-за проекции на ось  $Ox$ , как координату точки конца вектор-радиуса, получим:

$$x_n = \frac{1}{m} \int r \cos(\theta) dm. \quad (1)$$

В соответствии с известной формулой физики о зависимости массы от объема и плотности вещества, в нашем случае рассмотрим площадь вместо объема и введем следующую подстановку [2, с.26]:

$$m = \rho A,$$

где  $\rho$  - плотность вещества, кг/м<sup>2</sup>,

$A$  – площадь рассматриваемой области круга, м<sup>2</sup>.

Таким образом получаем [2, с. 26]

$$dm = \rho dA.$$

Вернувшись к равенству (1) и выполнив описанную выше подстановку, имеем:

$$x_n = \frac{1}{\rho A} \int r \cos(\theta) \rho dA = \frac{1}{A} \int r \cos(\theta) dA. \quad (2)$$

Теперь с учетом [3, с. 330-332] выражение (2) будет выглядеть как повторный интеграл:

$$x_n = \frac{1}{A} \iint r \cos(\theta) r dr d\theta = \frac{1}{A} \iint r^2 \cos(\theta) dr d\theta.$$

Данный результат соответствующий полученному в работе [1, с. 9].

Пусть параметры  $r \in [0; R_n]$ , где  $R_n = R - g$  и  $\theta \in [\theta_1; \theta_2]$ , тогда перейдя к определенным интегралам будем вести интегрирование с учетом этих условий:

$$x_n = \frac{1}{A} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \int_0^{R_n} r^2 \cos(\theta) dr d\theta = \frac{R_n^3}{3A} \int_{\theta_1}^{\theta_2} \cos(\theta) d\theta = \frac{R_n^3}{3A} [\sin(\theta_2) - \sin(\theta_1)], \quad (3)$$

где  $\theta_1$  и  $\theta_2$  соответственно начальный и конечный углы рассматриваемого сектора окружности.

Найдем площадь  $A$  рассматриваемого сегмента окружности:

$$A_n = \frac{\theta_{nc} \pi R_n^2}{360^\circ} = \frac{\theta_{nc} \pi}{180^\circ} \cdot \frac{R_n^2}{2} = \theta_{np} \frac{R_n^2}{2},$$

где  $\theta_{nc} = \theta_2 - \theta_1$  – угол в градусах,  $\theta_{np} = \frac{\theta_{nc} \pi}{180^\circ}$  – угол в радианах.

Подставляем полученное выражение в (3):

$$x_n = \frac{R_n^3}{3} \cdot \frac{2}{\theta_{np} R_n^2} [\sin(\theta_2) - \sin(\theta_1)] = \frac{2R_n}{3\theta_{np}} [\sin(\theta_2) - \sin(\theta_1)].$$

Вычисление центра массы поврежденной части для ординаты можно осуществить по аналогии:

$$y_n = \frac{1}{m} \int r \sin(\theta) dm.$$

Используя те же рассуждения получим

$$y_n = \frac{2R_n}{3\theta_{np}} [-\cos(\theta_2) - (-\cos(\theta_1))] = \frac{2R_n}{3\theta_{np}} [\cos(\theta_1) - \cos(\theta_2)].$$

Теперь можно записать координаты точки центра масс поврежденного сектора окружности:

$$(x_n, y_n) = \left( \frac{2R_n}{3\theta_{np}} [\sin(\theta_2) - \sin(\theta_1)]; \frac{2R_n}{3\theta_{np}} [\cos(\theta_1) - \cos(\theta_2)] \right). \quad (4)$$

Далее найдем центр массы неповрежденной части круга действуя по тому же принципу, но в данном случае интегрируем по параметру  $\theta$  в направлении от  $\theta_2$  до  $\theta_1$ , а по параметру  $r \in [0; R]$ :

$$x_n = \frac{1}{A} \int_{\theta_2}^{\theta_1} \int_0^R r^2 \cos(\theta) dr d\theta = \frac{R^3}{3A} \int_{\theta_2}^{\theta_1} \cos(\theta) d\theta = \frac{R^3}{3A} [\sin(\theta_1) - \sin(\theta_2)]. \quad (5)$$

Теперь найдем площадь неповрежденной части круга:

$$A_n = \frac{\theta_{nc} \pi R^2}{360^\circ} = \frac{\theta_{nc} \pi}{180^\circ} \cdot \frac{R^2}{2} = \theta_{np} \frac{R^2}{2},$$

где  $\theta_{nc} = 360^\circ - (\theta_2 - \theta_1)$  – угол в градусах,  $\theta_{np} = \frac{\theta_{nc} \pi}{180^\circ}$  – угол в радианах.

Подставляем полученное выражение в (5):

$$x_n = \frac{2R^3}{3\theta_{np} R^2} [\sin(\theta_1) - \sin(\theta_2)] = \frac{2R}{3\theta_{np}} [\sin(\theta_1) - \sin(\theta_2)].$$

По аналогии находим ординату центра масс неповрежденного сектора круга

$$y_n = \frac{2R}{3\theta_{np}} [-\cos(\theta_1) - (-\cos(\theta_2))] = \frac{2R}{3\theta_{np}} [\cos(\theta_2) - \cos(\theta_1)].$$

Координаты точки центра массы неповрежденного сектора окружности:

$$(x_n, y_n) = \left( \frac{2R}{3\theta_{np}} [\sin(\theta_1) - \sin(\theta_2)]; \frac{2R}{3\theta_{np}} [\cos(\theta_2) - \cos(\theta_1)] \right). \quad (6)$$

Общий центр массы может быть найден по формуле [4, с. 45]:

$$(x_{cm}; y_{cm}) = \left( \frac{A_n x_n + A_n x_n}{A_n + A_n}; \frac{A_n y_n + A_n y_n}{A_n + A_n} \right). \quad (7)$$

Далее имея координаты центра масс, может быть вычислен эксцентриситет, который представляет собой длину вектора смещения и рассчитывается по формуле

$$e = \sqrt{x_{cm}^2 + y_{cm}^2}. \quad (8)$$

Необходимость подобных расчетов обосновывается тем, что эксцентриситет используется в прикладных задачах, например, вычислении амплитуды вибрации вызванной неравновесностью вращающейся массы

**Пример 1.** Пусть имеется круг с выкрашиванием как представлено на рисунке 1. Причем радиус  $R=1$ , глубина выкрашивания  $g=0.5$ , начальный и конечный углы поврежденного сектора соответственно  $\theta_1 = 30^\circ$  и  $\theta_2 = 60^\circ$ .

Найдем координаты точки центра масс по полученным формулам (4), причем при указанных исходных данных радиус поврежденной части сектора круга

$$R_n = R - g = 1 - 0.5 = 0.5.$$

Для вычисления площади поврежденного сектора круга найдем угол  $\theta_{np}$ :

$$\theta_{np} = \pi / 6.$$

Подставляем данные в (4) найдем поочередно значения координат:

$$x_n \approx 0.233 \text{ и } y_n \approx 0.233.$$

Таким образом нашли центр массы для поврежденного сектора круга

$$(x_n, y_n) = (0.233; 0.233).$$

Далее применим формулу (6) для определения центра массы неповрежденного сектора круга. Предварительно рассчитывается угол  $\theta_{np}$ , необходимый для расчета площади неповрежденного сектора

$$\theta_{np} = 11\pi / 6.$$

Теперь находятся поочередно координаты центра массы неповрежденной части круга:

$$x_n \approx -0.0423 \text{ и } y_n \approx -0.0423.$$

Прежде чем подставлять данные в итоговое выражение выполним промежуточные вычисления, а именно найдем площади обоих секторов

$$A_n \approx 0.06545 \text{ и } A_n \approx 2.87979.$$

Воспользуемся итоговой формулой (7) для нахождения результирующего центра масс полученной фигуры

$$(x_{cm}; y_{cm}) \approx (-0.036; -0.036).$$

Теперь вычислим эксцентриситет

$$e = \sqrt{x_{cm}^2 + y_{cm}^2} = \sqrt{(-0.036)^2 + (-0.036)^2} = 0.036 \cdot \sqrt{2} \approx 0,051.$$

**Пример 2.** Пусть имеется круг с выкрашиванием как представлено на рисунке 1. Причем радиус  $R=7$ , глубина выкрашивания  $g=7$ , начальный и конечный углы поврежденного сектора соответственно  $\theta_1 = 90^\circ$  и  $\theta_2 = 270^\circ$ . Согласно условиям

задачи остается лишь полукруг, то есть нет необходимости рассчитывать координаты центра массы поврежденного сектора, он в данном примере полностью отсутствует. Поэтому остается вычислить только центр массы уцелевшей части, он и будет совпадать с общим центром масс  $(x_n, y_n) = (x_{cm}, y_{cm})$ .

Согласно выражению (6) необходимо предварительно найти

$$\theta_{np} = \pi \text{ и } A_n = 24.5\pi.$$

Тогда центр масс будет располагаться в точке

$$(x_n; y_n) = (x_{цм}; y_{цм}) = (2.97; 0).$$

Полученный результат никоим образом не противоречит результатам, представленным в работе [1, с.15].

Имея координаты центра масс, вычислим эксцентриситет по формуле (8)

$$e = \sqrt{x_{цм}^2 + y_{цм}^2} = 2.97$$

Таким образом, построен алгоритм расчета центра масс для частного случая выкрашивания, когда скол имеет форму показанную на рисунке 1. Данные рассуждения могут быть продолжены для большего числа подобных повреждений, простым рассмотрением большего числа секторов круга. В остальном вычисления будут выполняться по аналогии.

### Список литературы

1. Прядко, Ю.Г. Теоретическая механика. Геометрия масс: Курс лекций / Ю.Г. Прядко, В.Г. Караваев. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2006. – 106 с.
2. Ташлыкова-Бушкевич, И.И. Физика : учебное пособие. В 2 ч. Ч. 1 : Механика. Молекулярная физика и термодинамика. Электричество и магнетизм / И. И. Ташлыкова-Бушкевич. – Минск : БГУИР, 2006. – 232 с.
3. Лаптев, Г.Ф. Элементы векторного исчисления. / Г.Ф. Лаптев. – М. : Наука, 1975. – 336 с.
4. Балк, М.Б. Геометрия масс. / М.Б. Балк, В.Г. Болтянский. – М : Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987. – 160 с.

Научное издание

# СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ МАТЕМАТИКИ И ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

**Сборник материалов  
XIII Республиканской научной конференции  
молодых учёных и студентов**

**23–24 ноября 20233 года**

*Текст печатается в авторской редакции,  
орфографии и пунктуации*

Ответственный за выпуск: Парфомук С. И.  
Редактор: Митлощук М. А.  
Компьютерная вёрстка: Горбач А. А.

ISBN 978-985-493-612-3



Издательство БрГТУ.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий № 1/235 от 24.03.2014 г., № 3/1569

от 16.10.2017 г. Подписано к печати 08.12.2023. Формат 60x84<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Бумага «Performer». Гарнитура «Times New Roman». Усл. п. л. 11,63. Уч. изд. л. 12,5 Заказ № 1235. Тираж 50 экз. Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет». 224017, г. Брест, ул. Московская, 267.

