

**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Уфимский государственный нефтяной технический университет»**

при поддержке:  
Российской академии естественных наук  
Академии наук Республики Башкортостан  
Общественной организации  
«Профессионалы дистанционного обучения»  
Ассоциации образовательных программ  
«Электронное образование Республики Башкортостан»  
Российского союза научных и инженерных  
общественных объединений

# **Информационные технологии Проблемы и решения**

Посвящается:  
55-летию института цифровых систем, автоматизации и энергетики;  
40-летию кафедры вычислительной техники и инженерной  
кибернетики

У ф а  
УНПЦ «Издательство УГНТУ»  
2 0 2 4

Информационные технологии. Проблемы и решения. – Уфа: УНПЦ  
«Издательство УГНТУ», 2024. 3(28). 216 с.

Information technology. – Ufa: USPTU, 2024. 3(28). 216 p.

**Учредитель:**

**ФГБОУ ВО Уфимский государственный  
нефтяной технический университет**

**2024, 3(28)**

Издается с 2014 г.

**РЕДКОЛЛЕГИЯ****Главный редактор**

Р.Н. Бахтизин, д-р физ.-мат. наук, профессор Уфимского государственного нефтяного технического университета

**Члены редколлегии**

Ю.Н. Белоножкин, канд. экон. наук, доцент кафедры финансы и кредит Сочинского государственного университета

Й. Дарадке, доцент, заместитель декана факультета вычислительной техники и сетей Университета принца Саттама бин Абдулазиза (PSAU) - Королевство Саудовская Аравия (KSA)

Ф.У. Еникеев, д-р техн. наук, профессор кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета

А.А. Зацаринный, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник ФИЦ «Информатика и управление» (ИУ) РАН, член-корр. Академии криптографии Российской Федерации

С.В. Козлов, канд. техн. наук, заведующий отделением информационных, управляющих и телекоммуникационных систем ФИЦ ИУ РАН

Н.В. Корнеев, д-р техн. наук, профессор кафедры управления безопасностью сложных систем Губкинского университета, член-корр. РАЕН

Е.А. Султанова, канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета, член-корр. РАЕН

В.Н. Филиппов, канд. техн. наук, доцент кафедры вычислительной техники и инженерной кибернетики Уфимского государственного нефтяного технического университета, действительный член РАЕН

© ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», 2024

© Коллектив авторов, 2024

Полнотекстовая версия выпуска размещена в Научной электронной библиотеке elibrary.ru по ссылке:

[https://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=61250](https://elibrary.ru/title_about.asp?id=61250)

Подробности на сайте: <http://vtik.net>

Отпечатано с готового электронного файла.

Подписано в печать 30.09.2024. Формат 60x80 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Гарнитура «Таймс». Усл. печ. л. 12,55. Тираж 800 экз. Заказ 144.

Издательство Уфимского государственного нефтяного технического университета

450064, Российская Федерация, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1.

**Founder:**

**FSBEU NE Ufa State Petroleum  
Technological University**

**2024, 3(28)**

Published since 2014

**EDITORIAL BOARD****Editor-in-Chief**

R.N. Bakhtizin, Dr. of Physical and Mathematical Sci., Professor of Ufa State Petroleum Technological University

**Editorial Board Members:**

Yu. N. Belonozhkin, PhD Economic Sci. Department of Finance and Credit Sochi State university

Dr. Yousef Daradkeh, Associate Professor and Assistant Dean for Administrative Affairs, Department of Computer Engineering and Networks, Prince Sattam bin Abdulaziz University (PSAU) - Kingdom of Saudi Arabia (KSA)

F.U. Enikeev, Dr. of Technical Sci., Professor of Department of Computer Science and Engineering Cybernetics Ufa State Petroleum Technological University

A.A. Zatsarinny, Dr. Tech. Sci., chief researcher at the Federal Research Center “Informatics and Control” of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, professor, corresponding member of the Academy of Cryptography of the Russian Federation

S.V. Kozlov, Head of the Department of Information, Control and Telecommunication Systems, Federal Research Center “Informatics and Control” of the Russian Academy of Sciences, Candidate of Technical Sciences

N.V. Korneev. Dr. Tech. Sci., Professor of the Department of Safety Management of Complex Systems, Gubkin University, Corresponding Member of the Russian Academy of Natural Sciences.

E.A. Sultanova, PhD, Deputy Head of Department of Computer science and Engineering cybernetics Ufa State Petroleum Technological University, corresponding member RANS

V.N. Filippov, PhD, Deputy Head of Department of Computer science and Engineering cybernetics of Ufa State Petroleum Technological University, Full member of the RANS

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ: КОНЦЕПЦИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ

Ибатуллин М.Р., Каримов Р.Р. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕБ-ТьюТОРА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРАКТИЧЕСКОГО ЦИКЛА ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ.....	6
---	---

### ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТЭК РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Богданов Д.М., Дружинская Е.В. ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ЗАМЕНЕ ТОРЦЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ СЕКЦИОННЫХ.....	14
Петлина Е.М. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ.....	23
Сергеев Д.С., Шерстнев П.А., Каримов Р.Р. ПОДХОДЫ И МОДЕЛИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОВЕДЕНИЯ ЖИДКОСТИ НА ПРИМЕРЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ.....	28
Яковлев А.С., Гиниятуллин В.М., Шаякберов Э.В., Горонкова А.Р., ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ АЛГЕБРЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕСОВ НЕЙРОНА НА ПРИМЕРЕ ДАТАСЕТА ИРИСЫ ФИШЕРА.....	35

### ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

Багауова А.С., Белозеров А.Е. ВЫЯВЛЕНИЕ СКРЫТЫХ СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ ГЕОСОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕНЕРАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ.....	42
Вахитов Д.М., Атнабаев А.Ф. ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ.....	48
Гилязетдинов К.З., Попов Д.В. РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО АССИСТЕНТА КОНСУЛЬТАНТА ERP-СИСТЕМ .....	55
Головина Е.Ю., Абсалямова А.А., МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ ДОСКИ.....	63
Грогуленко Т.А., Буйлов П.В. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА ФОРМИРОВАНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОТЧЕТНОСТИ ЦЕНТРА ХИМИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ АЭС НА ОСНОВЕ VI.....	67
Жаринов Ю.А., Ибатуллин М.Ф., ВИРТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР ПО ИЗУЧЕНИЮ АНГЛОЯЗЫЧНЫХ НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕРМИНОВ.....	76
Захарян Г.А., Шундеев А.В., Низамова Г.Ф. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПЛАНА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ УНИВЕРСИТЕТА.....	80
Ибрагимов Р.Д., Файзуллина И.И., ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ УСТАНОВКИ.....	87

Курманчук Н.С., Сохошко С.К. ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИН С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.....	92
Нуриев Б.А., Атанбаев А.Ф. РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ «УМНЫЙ КАМПУС УУНИТ» НА БАЗЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ.....	100
Руденкова Ю.С. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРОВООХРАНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНАХ.....	105
Уликанов Р.Р., Ижбулдин Т.А. ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАФИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ АЛГОРИТМА ХАФФМАНА.....	112
Ханнанов Н.К., Шундеев А.В., Галиев Б.В., Харунов Р.Р. ГЕЙМИФИКАЦИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАТОРОВ НА ОСНОВЕ MINECRAFT EDU.....	118
Харламова С.А., Зайдуллина С.Г. ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ (НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАЗДНИКОВ «ГВОЗДЬ»).....	125
Хлыбов А.В., Бондарев М.С., Гиниятуллин В.М., Зарипов Д.М., Салихова М.А., Шаякберов Э.В. АЛГОРИТМ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ «ДЕЛЬТА-ПРАВИЛО С УСЕЧЕНИЕМ».....	132
Шундеев А.С., Саблин Д.П., Файзуллин А.Р., Глущенко В.А., Шленкин Д.В., Ковтуненко А.С. ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	140

#### **ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ, УПРАВЛЕНИИ И БИЗНЕСЕ**

Un Pong Kim, Yong Chol Kim. A STUDY ON THE IMPLEMENTATION OF LVDS-USB CONVERSION SYSTEM USING FPGA.....	146
С.Н. Choe, К.М. Choe, Н.С. So, О.Ј. Choe, S.H. Hyon, J.H. Choe A CORRECTION METHOD FOR CAMERA LENS DISTORTED IMAGES USING NEURAL NETWORKS.....	152
Шайдуллина Э.Н., Гаврилов С.В., РАЗРАБОТКА КЛАССА ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С БАЗАМИ ДАННЫХ C# С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ADO.NET.....	158

#### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

Il Nam Ri, Hun Kim, Won Chol Kim, Myong Chol Choe, Kyong Sim Ri, Kyong Mi Choe. A STUDY ON PATHOLOGY BUSINESS REPORTING AND SAMPLING TIME ESTIMATION USING SNOMED CT.....	168
---	-----

**СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
И ГИС-ТЕХНОЛОГИИ**

Орлов Г.О., Воробьева Г.Р. НОВЫЙ ПОДХОД К ХРАНЕНИЮ  
ГЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ..... 175

**СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ**

Hyon H.S., Su Bok Wang, Kum Chol Ri, Hyok Chol Jo, Jin O Hong A METHOD  
FOR OBTAINING THE DIFFUSION LAYER RESISTANCE INFORMATION  
FROM THE MEASURING DATA OF A SOLAR CELL..... 182

**СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ  
КИБЕРНЕТИКА**

Yong Gol Jo, Chol Man Ho, Song Ho Pak, Chol Jin Hwang,  
Myong Suk Pak, So Yong Jang, Kun Jong. RESEARCH ON  
IMPLEMENTATION AND EFFECTIVENESS OF ABAC MODEL BASED ON  
SECURE INFORMAION RESOURCE ACCESS CONTROL IN LARGE-SCALE  
INFORMATION SYSTEM USING WEB DYNAMIC DATA STYLE SHEETS..... 191

**СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ  
ИНФОРМАЦИИ**

Корнеев Н.В., Шамко К.А. МОДЕЛЬ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ  
УЯЗВИМОСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ..... 199

**СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ  
ИНФОРМАТИКИ**

Myong Jin Ri, ToIl Pang, Chang Gon Ju STUDY ON THE REALIZATION OF THE  
BLACKBOARD-TYPE REAL-TIME REMOTE LECTURE SYSTEM USING  
PRE-TRANSMISSION OF LECTURE DATA AND SYNCHRONOUS SIGNAL  
TRANSMISSION..... 210

## ДИСТАНЦИОННОЕ ОБУЧЕНИЕ: КОНЦЕПЦИЯ, МЕТОДОЛОГИЯ, ТЕХНОЛОГИЯ

УДК 004.921

### ПРОЕКТИРОВАНИЕ ВЕБ-ТЮТОРА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРАКТИЧЕСКОГО ЦИКЛА ОБУЧЕНИЯ ХИМИИ

### DESIGNING A WEB TUTOR TO SUPPORT A PRACTICAL CHEMISTRY LEARNING CYCLE

Ибатуллин М.Р., Каримов Р.Р.,  
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Российская  
Федерация

M.R. Ibatullin, R.R. Karimov,  
FSBEI HE «Ufa University of Science and Technology», Ufa, Russian Federation

e-mail: Ibatullin.m@gmail.com, rikar@yandex.ru

**Аннотация.** В статье представлена разработка методики и создание веб-приложения для генерации контента и сбора статистики обучения для образовательного программного обеспечения виртуальной реальности по неорганической химии. Ключевыми особенностями разработанного решения являются:

1. Разделение веб-приложения на маркетинговую и управляющую части для удовлетворения потребностей как потенциальных покупателей, так и непосредственных пользователей-инструкторов. Маркетинговая часть обеспечивает презентацию продукта, демонстрацию возможностей и сбор заявок, в то время как управляющая часть предоставляет инструменты для создания, редактирования и распространения виртуальных химических экспериментов среди учащихся.

2. Модульная архитектура веб-приложения на основе микросервисного подхода, обеспечивающая гибкость, масштабируемость и технологическую независимость отдельных компонентов. Это позволяет легко расширять функциональность системы и адаптировать ее к меняющимся потребностям пользователей.

3. Предложение математической модели представления химических экспериментов в виде графа взаимодействия объектов, что позволяет автоматизировать процесс моделирования и оценки действий обучающихся. Данный подход дает возможность объективно анализировать ход выполнения экспериментов и предоставлять обратную связь учащимся.

4. Разработка модуля заданий, отвечающего за создание, редактирование и группировку виртуальных химических экспериментов в рамках учебных

курсов. Это позволяет преподавателям гибко формировать учебные материалы, адаптированные под потребности конкретной аудитории.

Представленные в статье решения направлены на повышение эффективности обучения химии с использованием технологий виртуальной реальности путем обеспечения удобных инструментов для создания, распространения и анализа виртуальных химических экспериментов.

**Abstract.** The article presents the development of a methodology and the creation of a web application for generating content and collecting learning statistics for virtual reality educational software in inorganic chemistry. The key features of the developed solution are:

1. Dividing the web application into marketing and management parts to meet the needs of both potential buyers and direct instructor users. The marketing part provides product presentation, demonstration of capabilities and collection of applications, while the management part provides tools for creating, editing and distributing virtual chemical experiments to students.

2. Modular architecture of a web application based on a microservice approach, providing flexibility, scalability and technological independence of individual components. This makes it easy to extend the functionality of the system and adapt it to the changing needs of users.

3. The proposal of a mathematical model for the representation of chemical experiments in the form of a graph of the interaction of objects, which allows you to automate the process of modeling and evaluating the actions of students. This approach makes it possible to objectively analyze the progress of experiments and provide feedback to students.

4. Development of a task module responsible for creating, editing and grouping virtual chemical experiments within the framework of training courses. This allows teachers to flexibly create educational materials adapted to the needs of a specific audience.

The solutions presented in the article are aimed at improving the effectiveness of chemistry teaching using virtual reality technologies by providing convenient tools for creating, distributing and analyzing virtual chemical experiments.

**Ключевые слова:** виртуальная реальность, химические эксперименты, модульная архитектура, микросервисный подход, пользователи-инструкторы.

**Keywords:** virtual reality, chemical experiments, modular architecture, microservice approach, instructor users.

## **Введение**

Программный продукт ChemVision - VR/AR лаборатории по неорганической химии являются средством для решения задач, связанных с практическим циклом обучения. Они позволяют студентам:

– Проводить эксперименты в безопасной и контролируемой среде, не требуя использования реального оборудования, расходных материалов и специальных помещений;

– Получить практический опыт проведения экспериментов.

Однако для его функционирования необходимо настроить конвейер контента, а также спроектировать веб-тьютор, которое удовлетворит все потребности пользователей.

**Цель исследования** – разработать методику и создать веб-приложение, при помощи которого можно генерировать контент для образовательного программного обеспечения виртуальной реальности, а также получать статистику обучения.

**Функции веб-приложения** – создавать сценарии учебных экспериментов, формировать статистику обучения и содействовать продвижения продукта ChemVision.

### **Типы пользователей**

Веб-приложение предназначено для взаимодействия с двумя основными типами пользователей:

1. Потенциальные покупатели - образовательные организации, где химия преподается как общеобразовательная дисциплина.

2. Инструкторы - пользователи, непосредственно связанные с образовательным процессом в качестве преподавателей. Они занимаются генерацией контента и анализом статистики.

Для удовлетворения потребностей этих двух групп пользователей, веб-приложение будет разделено на две основные части:

1. Маркетинговая часть - содержит информацию, которая может быть интересна покупателям (требования, преимущества внедрения и т.д.).

2. Управляющая часть - позволяет инструкторам управлять процессом обучения.

Таким образом, веб-приложение будет адаптировано под нужды как потенциальных покупателей, так и непосредственных пользователей-инструкторов, вовлеченных в образовательный процесс.

### **Маркетинговая часть**

Эта часть будет представлять собой лендинговую страницу со следующими блоками:

– Header - навигационное меню, позволяющее перейти на управляющую часть сайта.

– Блок презентации продукта - содержащий видео и фотоматериалы, демонстрирующие возможности и особенности программного решения.

– Блок текстового описания продукта - ответы на ключевые вопросы: "Что это за продукт?", "Для чего он нужен?", "Какие результаты дает его внедрение?"

– Блок предложения для покупателя - включает обратную связь для приобретения продукта, информацию о ценах, а также форму для оформления заказа.

– Footer - нижнее меню с информацией о компании, лицензиях и прочими деталями.

Таким образом, маркетинговая часть веб-приложения будет служить витриной продукта, предоставляя потенциальным покупателям всю необходимую информацию для принятия решения о приобретении.

### **Управляющая часть**

Управляющая страница сайта должна не только удовлетворять минимальным требованиям, таким как возможность зарегистрировать учебную группу, выдать задание, но и облегчать сбор информации о выполнении задания учениками. В соответствии с этими требованиями управляющая панель позволяет инструктору.

Управляющая часть является панелью управления инструктора, позволяющий ему:

- управлять группами пользователей;
- управлять заданиями;
- взаимодействовать со статистикой обучения;
- получать поддержку от сотрудников службы поддержки (в случае возникновения проблем);
- обучаться взаимодействия с панелью управления.

Таким образом управляющая часть реализуется в виде следующих модулей:

3. Модуль заданий – модуль позволяет создавать, удалять, изменять задания, группировать их в курсы. Создание и изменение курсов осуществляется с помощью блоков, которые объединяются в графы состояний.

4. Модуль учетных записей пользователей и организаций – позволяет клиентам и сотрудникам клиентом иметь учетные записи на сайте.

5. Модуль групп пользователей – позволяет создавать, удалять, изменять группы обучающихся, организаций и инструкторов. В модуле должно существовать 2 способа добавления участников групп (группы могут быть зарегистрированными и не зарегистрированными):

- a. приглашение по ссылке;
- b. ручное добавление списка.

6. Модуль лицензии – модуль, позволяющий проверять лицензию пользователя: срок ее действия, количество активированных лицензий на оборудовании.

7. Модуль подсказок – модель, позволяющий создавать интерактивные подсказки для каждой части сайта с подробным текстовым описанием функционала кнопок (в подсказках могут находиться гиперссылки и видео).

8. Модуль статистики – модуль, позволяющий собирать и анализировать статистику обучения.

9. Модуль поддержки – модуль, позволяющий получать инструкторам ответы службы поддержки на определённые затруднения, возникающие при взаимодействии с приложением. Ответы на основные вопросы должны заранее присутствовать в этом модуле, чтобы избежать излишних обращений к специалистам службы поддержки.

Наибольший научный интерес представляет модуль заданий.

### **Модуль заданий**

Для создания виртуальной химической лаборатории необходимо воссоздать моделирование химических процессов. С этой целью созданы скрипты сценария.

Целесообразнее всего для цели моделирования экспериментов в виртуальной химической лаборатории не использовать моделирование каждого химического процесса, либо создание химического движка, позволяющего провести все реакции, а воссоздать основные методы взаимодействия обучающегося с оборудованием и оборудования с оборудованием.

Поэтому целевая методика моделирования процессов заключается в следующем:

1. Химические процессы могут быть представлены в виде графа взаимодействия.

2. Граф может быть задан как вручную, так и с помощью автоматизированной системы.

3. При любом варианте задания графа он должен быть проверен вручную.

4. Процесс моделирования осуществляется на основании графа. В процессе моделирования учитываются взаимодействия между: обучающимся и объектами; объектами и объектами.

Для описания математической модели рассмотрим эксперимент, в ходе которого рассматривается реакция нейтрализации серной кислоты  $H_2SO_4$  щелочью –  $NaOH$ . В ходе эксперимента требуется взять пробирку, наполнить ее водой, затем влить в нее  $H_2SO_4$ , далее провести реакцию нейтрализации всыпав  $NaOH$  (Рисунок 1).

Процесс обучения подразумевает под собой прохождение обучаемого по целевому графу (последовательность операций обучения). В ходе прохождения могут возникать ошибки, которые рассматриваются как отклонения от графа, при этом пользователь для успешного решения задачи должен исправить ошибку и вернуться к целевому графу.

Обозначим множество вершин графа требуемого маршрута как  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ .

Каждая вершина ( $u^*$ ) обозначает состояние конкретного объекта, которое в данный момент должно иметь данное состояние.

Обозначим множество ребер графа требуемого маршрута как  $E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$ .

Ребра обозначают взаимодействия обучаемого с окружающим миром.

Множество ребер графа фактического маршрута –  $F_m = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ .

Рассмотрим построение графа эксперимента на примере реакции нейтрализации. Необходимые реактивы и оборудование для проведения эксперимента:  $H_2SO_4$ (к),  $NaOH$ , пробирка.

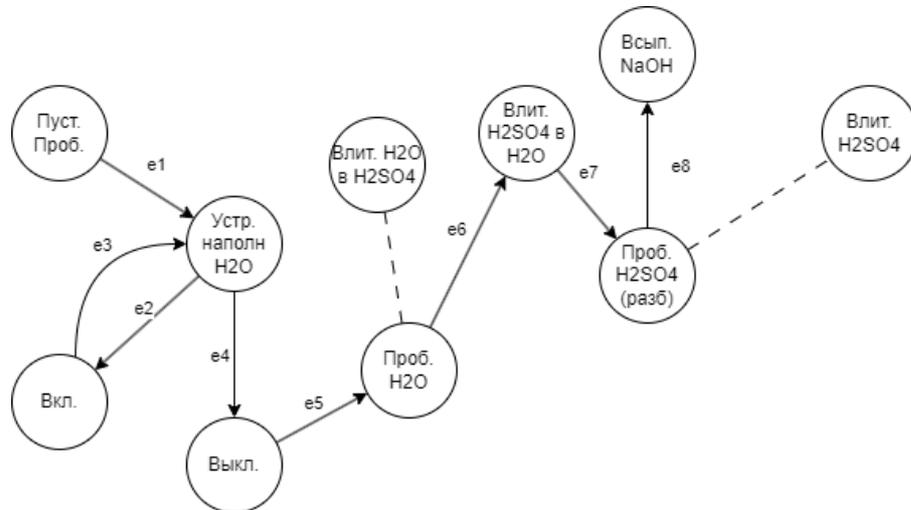


Рисунок 1. Граф требуемого маршрута

Граф требуемого маршрута является целевым при выполнении задания. При оценивании действий обучаемого граф фактического маршрута сравнивается с этим графом и на основе отклонения будет дана оценка.

### Математическая модель построения графа учебного эксперимента

$U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  – множество объектов управления, элементов управления, инструментов управления;

$E = \{e_1, e_2, \dots, e_k\}$  – множество состояний объектов управления, элементов управления, инструментов управления;

$O(U, E) = \{\langle U, E \rangle\}$ ,  $U \neq \emptyset$ ,  $E \neq \emptyset$ ,  $e \in E$ ,  $u \in U$  – Объект в некотором состоянии

$D = \{d_1, d_2, \dots, d_o\}$  – множество состояний объектов управления, элементов управления, инструментов управления;

$P = \{p_1, p_2, \dots, p_m\}$  – множество пользователей;

Найти:

$\Phi(U, E, P) = \langle O, D, P \rangle$ ,  $O \neq \emptyset$ ,  $D \neq \emptyset$ ,  $P \neq \emptyset$ ,  $o \in O$ ,  $d \in D$ ,  $p \in P$  – Сценарий, содержащий информацию о процессе обучения в виртуальной химической лаборатории

Для хранения графа была выбрана структура словаря. Данный словарь содержит информацию о химической реакции и состоит из следующих частей:

"graph" - массив, содержащий один объект, описывающий реакцию.

"before" - массив объектов, представляющих реагенты до реакции.

Каждый объект имеет следующие свойства:

"name" - название реагента (например, "H2SO4", "NaOH")

"mass" - масса реагента

"red", "green", "blue", "alpha" - значения цветовых каналов (RGB) и прозрачности (alpha) для визуализации реагента

"type" - тип вещества (в данном случае "REAGENT" для всех)

"aggregate" - агрегатное состояние вещества (в данном случае "LIQUID" для всех)

"reaction\_data" - объект с данными о условиях реакции:

"time" - время протекания реакции (20 единиц)

"temperature" - температура, при которой происходит реакция (20 градусов)

"after" - массив объектов, представляющих продукты реакции. Структура объектов аналогична структуре объектов в "before".

Таким образом, словарь описывает химическую реакцию.

### **Архитектура веб-приложения**

Так как ПО для виртуальной реальности стремительно развивается, в основе архитектуры будет лежать основной принцип: добавление или улучшение отдельных функций никак не должно влиять на остальные компоненты. Под него отлично подходит микросервисная архитектура. В нашем случае каждый модуль будет отдельный сервис. Принципы, согласно которым следует строить архитектуру:

1. Модульность. Каждая функциональная область (модуль) приложения реализована как отдельный сервис. Сервисы независимы друг от друга и отвечают за свою бизнес-логику. Изменения в одном сервисе не влияют на остальные.

2. Слабая связанность. Взаимодействие между сервисами осуществляется через четко определенные API. Сервисы независимы в плане выбора технологий, фреймворков, языков программирования. Сервисы могут масштабироваться независимо друг от друга.

3. Автономность. Каждый сервис развертывается и обновляется независимо. Сервисы могут использовать различные базы данных, очереди сообщений и другие инфраструктурные компоненты. Отказ одного сервиса не приводит к полному отказу всего приложения.

4. Гибкость и масштабируемость, Добавление новых сервисов или изменение существующих не влияет на работу остальной системы. Сервисы могут масштабироваться горизонтально (увеличение количества экземпляров) или вертикально (увеличение ресурсов). Система в целом становится более гибкой и адаптивной к изменениям.

5. Технологическая независимость. Каждый сервис может использовать свои собственные технологии (языки, фреймворки, библиотеки). Это позволяет подбирать наиболее подходящие технологии для решения конкретной задачи.

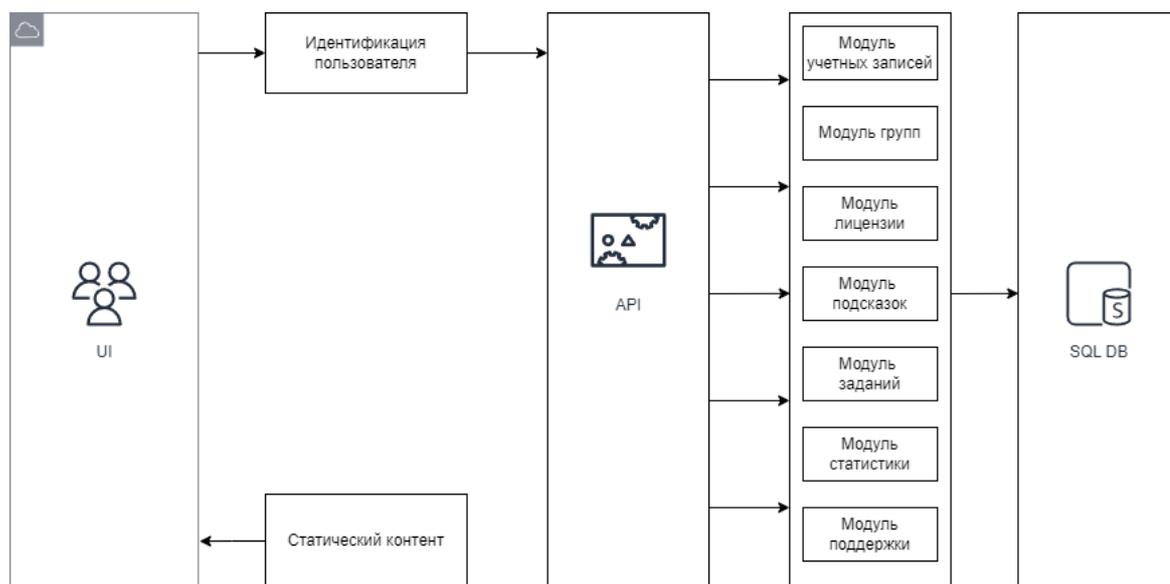


Рисунок 2. Архитектура веб-приложения

## Выводы

В данной статье была предложена схема построения, а также архитектура подсистемы web-тьютор для обучения химии на основе VR-технологий, предложена схема формального описания химической реакции как графа. Предложено описание модуль заданий, являющийся основным для генерации учебного контента.

## Литература

1. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1024-1033.
2. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1057-1061.
3. Мавлютовские чтения: материалы XVI всероссийской молодежной научной конференции. – Уфа: УГАТУ, 2022. – Т.5. – С. 1066-1071.
4. Арсланов Т.Р., Каримов Р.Р., Кузьмина Е.А., Макаев Р.А. Проектирование комплекса управления авиационно-космическими объектами на основе технологий смешанной реальности// Свободный полет-2018: сборник трудов всероссийской конференции. – Уфа-Жуковский, 2018. – С.73-75.

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ТЭК РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НА ОСНОВЕ  
МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ИСКУССТВЕННОГО  
ИНТЕЛЛЕКТА В ТЭК РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

УДК 004.588

**ПРИМЕНЕНИЕ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ  
ЗАМЕНЕ ТОРЦЕВЫХ УПЛОТНЕНИЙ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ  
СЕКЦИОННЫХ**

**APPLICATION OF VIRTUAL REALITY FOR TRAINING IN REPLACING  
MECHANICAL SEALS OF SECTIONAL CENTRIFUGAL PUMPS**

Богданов Д.М., Дружинская Е.В.,  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,  
г. Уфа, Российская Федерация  
D.M. Bogdanov, E.V. Druzhinskaya,  
FSBEI HE “Ufa state petroleum technological university”,  
Ufa, Russian Federation

e-mail: danir\_02@mail.ru

**Аннотация.** Рассматриваются виды виртуальной реальности и применение технологии виртуальной реальности (VR) для обучения замене торцевых уплотнений центробежных насосов секционных (ЦНС). Актуальность статьи обусловлена трудностями, с которыми сталкиваются обучающиеся при освоении этого сложного и ответственного процесса в реальных условиях. К ним относятся: ограниченный доступ к оборудованию, риски, связанные с работой на действующих установках, и недостаток наглядности. Представлен инструмент, выполненный в технологии виртуальной реальности и предназначенный для подготовки специалистов по обслуживанию центробежных насосов секционных. В тренажере отрабатываются навыки по замене торцевых уплотнений ЦНС. Описаны основные этапы создания VR-тренажера по замене торцевого уплотнения центробежного насоса секционного, включая 3D-моделирование в Blender, программную реализацию на игровом движке UnrealEngine 5. Отмечается, что внедрение VR-тренажера может повысить качество подготовки специалистов в нефтегазовой отрасли, обеспечивая их практическими навыками в безопасной и реалистичной виртуальной среде. Сделан вывод о возможных преимуществах использования VR-тренажера, таких как безопасность проведения практических занятий, экономическая эффективность и промышленная направленность и перспективах дальнейшего развития и распространения подобных

инструментов обучения для повышения квалификации специалистов в нефтегазовой отрасли.

**Abstract.** The article discusses the types of virtual reality and the application of virtual reality (VR) technology for training in replacing mechanical seals of sectional centrifugal pumps (SCPs). The relevance of the article is due to the difficulties faced by trainees in mastering this complex and responsible process in real conditions. These include limited access to equipment, risks associated with working on operating installations, and lack of clarity.

The article presents a tool implemented in virtual reality technology and designed to train specialists in the maintenance of sectional centrifugal pumps (SCPs). The simulator practices the skills of replacing mechanical seals of SCPs. The main stages of creating a VR simulator for replacing the mechanical seal of a sectional centrifugal pump are described, including 3D modeling in Blender and software implementation on the Unreal Engine 5 game engine.

It is noted that the introduction of a VR simulator can improve the quality of training for specialists in the oil and gas industry, providing them with practical skills in a safe and realistic virtual environment. The conclusion is made about the possible advantages of using a VR simulator, such as safety, cost-effectiveness and practical focus, and the prospects for further development and dissemination of similar training tools to improve the skills of specialists in the oil and gas industry.

**Ключевые слова:** Виртуальная реальность (VR), торцевое уплотнение, виртуальный тренажер, центробежный насос секционный (ЦНС), обучение, нефтегазовая отрасль.

**Keywords:** Virtual reality (VR), mechanical seal, virtual simulator, sectional centrifugal pump (SCP), training, oil and gas industry.

## Введение

Центробежный насос секционный (ЦНС) — это устройство, используемое для перекачки различных типов жидкостей или газов из одного места в другое путем механического воздействия. Эти устройства обычно преобразуют электрическую энергию в гидравлическую [1].

Как правило, насосы приводятся в действие механизмом (возвратно-поступательным или вращательным) и потребляют энергию для выполнения механической работы, которая перемещает рабочую жидкость. Это оборудование способно перемещать жидкости из зоны низкого давления в зону высокого давления [1].

Рабочее колесо любого насоса приводится в движение двигателем, как правило, электрическим. Вал двигателя передает энергию на вал рабочего колеса через механическую муфту, поэтому вал насоса вынужден «торчать наружу» через отверстие в корпусе насоса. Через это же отверстие и будет

вытекать перекачиваемая жидкость, если не использовать уплотнения. Всего бывает 4 основных вида уплотнений: сальниковое (набивное), манжетное, механическое (торцевое), щелевое (лабиринтное) [2].

Торцевое механическое уплотнение, является типом уплотнения, применяемым во вращающемся оборудовании, для обеспечения герметичности вращающихся валов центробежных насосов компрессоров, химических реакторов, в тех местах, где необходимо минимизировать утечки и обеспечить разделение сред [3].

На данный момент обучающиеся имеют возможность только пассивного наблюдения процесса замены торцевого уплотнения ЦНС во время прохождения обзорной практики, не получая при этом практического опыта. При этом им нужно получить пропуск на предприятие. Это подчеркивает необходимость в поиске альтернативных и более эффективных методов обучения.

В этой связи внедрение технологии виртуальной реальности в процесс обучения открывает новые возможности, позволяя обучающимся приобретать практические навыки в безопасной и контролируемой среде. Использование VR-тренажеров для симуляции процесса замены торцевого уплотнения ЦНС может обеспечить высокую степень реалистичности и погружения, что способствует эффективному усвоению материала и формированию необходимых профессиональных компетенций работников ремонтного цеха.

Основной целью данной работы является разработка и внедрение VR-тренажера по замене торцевого уплотнения центробежного насоса секционного, обеспечивающего инновационный и эффективный инструмент для практического обучения специалистов в безопасной виртуальной среде.

Внедрение виртуальной реальности в процесс обучения обслуживанию центробежных насосов секционных обусловлено несколькими факторами:

- **повышение безопасности обучения:** VR-тренажеры позволяют обучающимся формировать практические навыки в виртуальной среде, исключая риски, связанные с работой на реальном оборудовании.

- **экономическая эффективность:** использование VR-технологий снижает затраты на приобретение и обслуживание дорогостоящего оборудования для обучения.

- **доступность и гибкость:** в отличие от обучения на реальных центробежных насосах секционных, для использования VR-тренажера достаточно иметь подходящее помещение, в котором можно разместить компьютер и VR-гарнитуру. Это значительно повышает гибкость и доступность обучения, позволяя проводить его в удобном месте, без необходимости организации доступа к производственным площадкам.

- **практическая направленность:** VR-тренажеры обеспечивают реалистичное погружение в процесс замены торцевого уплотнения, способствуя эффективному формированию необходимых компетенций и навыков.

Таким образом, разработка и внедрение VR-тренажера по замене торцевого уплотнения центробежного насоса секционного представляет собой

перспективное направление, способствующее повышению качества подготовки специалистов в нефтегазовой отрасли.

## **Виды виртуальной реальности**

Виртуальная реальность (VR) — это технология, которая создает имитацию реальной или вымышленной среды. Она погружает пользователя в трехмерное пространство, воздействуя на его зрение, слух, а иногда и на другие органы чувств (тактильные ощущения, обоняние).

VR — это мощный инструмент для формирования практических компетенций. Она повышает эффективность обучения, делает его более безопасным и увлекательным. Хотя под точным определением виртуальной реальности обычно понимают полную замену аудиовизуальных эффектов реального мира виртуальными, в более повседневном понимании любое понимается сочетание виртуальных элементов с реальными. Чтобы точнее определить виртуальную реальность, ее зачастую разделяют на дополненную реальность (augmented reality, AR), смешанную реальность (mixed reality, MR) и собственно виртуальную реальность (virtual reality, VR). Чтобы избежать неопределенности терминов, более широкое понимание виртуальной реальности называют расширенной реальностью (extended reality), которая объединяет все перечисленные классы [4].

VR трансформирует обучение, предоставляя безопасную, контролируруемую и реалистичную среду для отработки практических навыков.

Преимущества VR:

- **практика без риска:** VR позволяет безопасно отрабатывать навыки, которые в реальности могут быть опасными (например, хирургические операции, работа с опасными веществами).
- **повторяемость:** VR позволяет многократно повторять действия, пока не будет достигнут автоматизм.
- **обратная связь:** VR-системы могут отслеживать действия пользователя и предоставлять мгновенную обратную связь, что ускоряет процесс обучения.

## **Основания для разработки**

В 2023 году в УГНТУ кафедрами «Машины и оборудование нефтегазовых промыслов» (МОНГП) и «Вычислительная техника и инженерная кибернетика» (ВТИК) запущен проект по разработке набора тренажеров виртуальной реальности для подготовки специалистов по ремонту нефтеперекачивающего оборудования. В первом тренажёре реализован процесс сборки и разборки ЦНС с сальниковым уплотнением на примере ЦНС 180-1900 [5]. Данная работа представляет собой второй тренажёр из этого набора и выполняется по заказу кафедры МОНГП.

Для ознакомления с устройством центробежных насосов (ЦНС) существуют различные VR – тренажёры такие как, EON-XR и iXRlabs [6, 7]. Приложение EON-XR предлагает 3D-модели насоса, функции «рентгеновского» представления (X-ray), голосовые заметки, анимации и возможность детально рассмотреть отдельные компоненты. Однако в нем отсутствует полноценное окружение, и насос представлен изолированно. В свою очередь, iXRlabs предоставляет детализированные иллюстрации насоса и его компонентов, а также позволяет естественным образом взаимодействовать с 3D-моделью. Тем не менее, в этом приложении отсутствует учет требований техники безопасности при работе с оборудованием.

VR-тренажёры EON-XR и iXRlabs, не предоставляют необходимого функционала для обучения сложному процессу замены торцевого уплотнения. Кроме того, они не воспроизводят реалистичную рабочую среду ремонтного цеха и не обеспечивают соблюдение необходимых мер безопасности, крайне важных при выполнении такого рода операций.

## Проектирование

Построены диаграммы деятельности для тренажёра, сборки и разборки торцевого уплотнения.

Сначала обучающийся должен выполнить требования техники безопасности, надеть очки и шлем, далее пройти в ремонтный цех, разобрать и собрать торцевое уплотнение и далее выводятся результаты прохождения тестирования (рисунок 1).

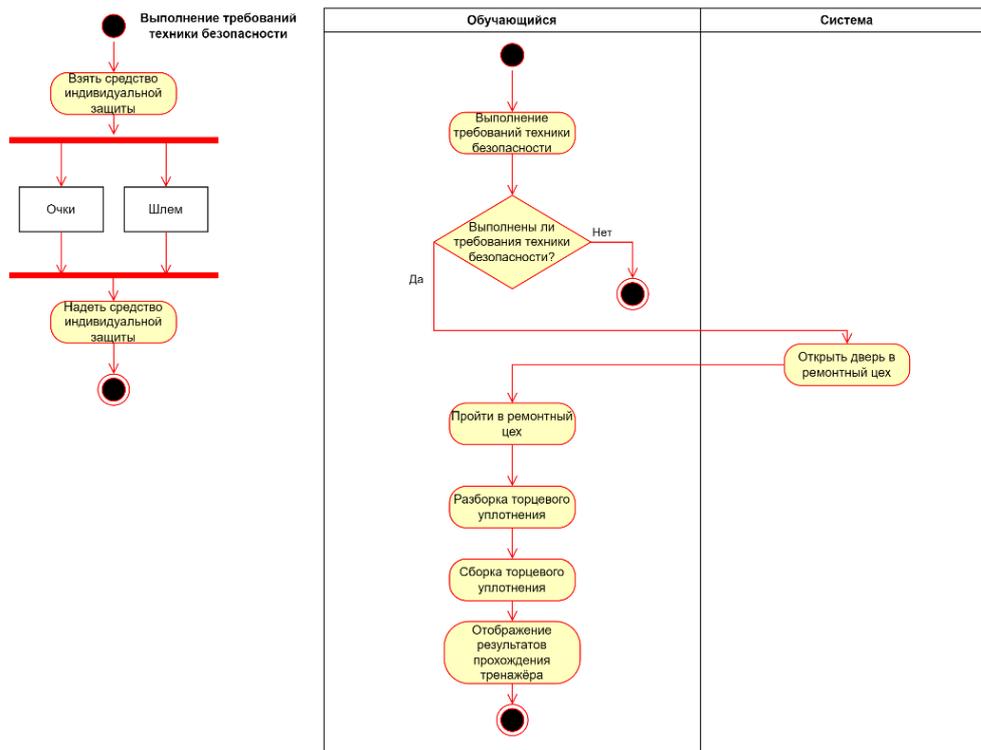


Рисунок 1. Диаграмма деятельности для тренажёра

По диаграмме разборки торцевого уплотнения сначала определяется нужно ли утилизировать испорченную деталь, далее выбирается инструмент для извлечения детали из уплотнения и потом деталь кладётся на стеллаж и так, пока уплотнение не будет разобрано полностью (рисунок 2).

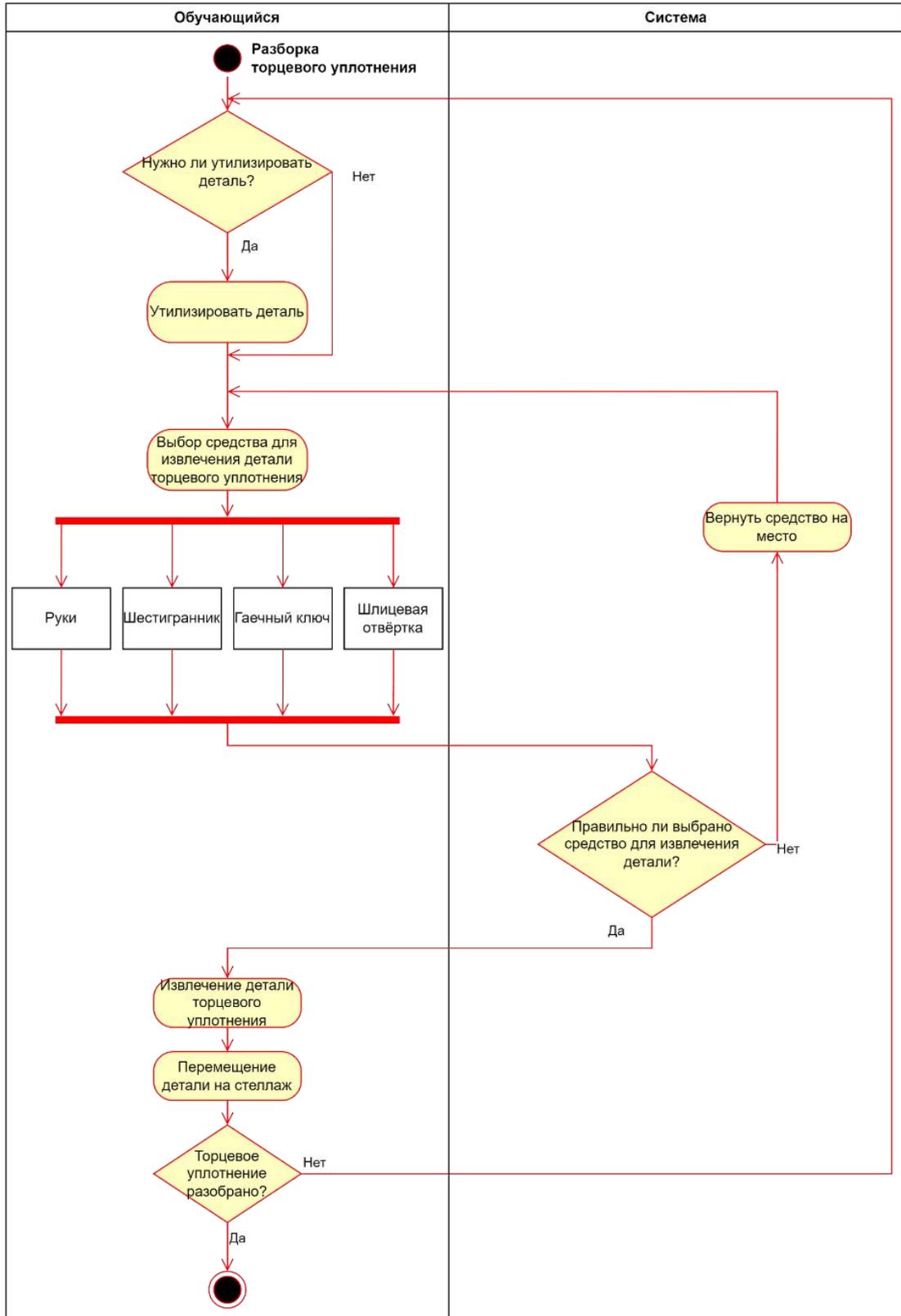


Рисунок 2. Диаграмма деятельности разборки торцевого уплотнения

По диаграмме деятельности сборки торцевого уплотнения сначала определяется нужно ли смазать деталь, далее выбирается деталь и инструмент для её установки в уплотнение, устанавливается деталь и так, пока уплотнение не будет собрано (рисунок 3).

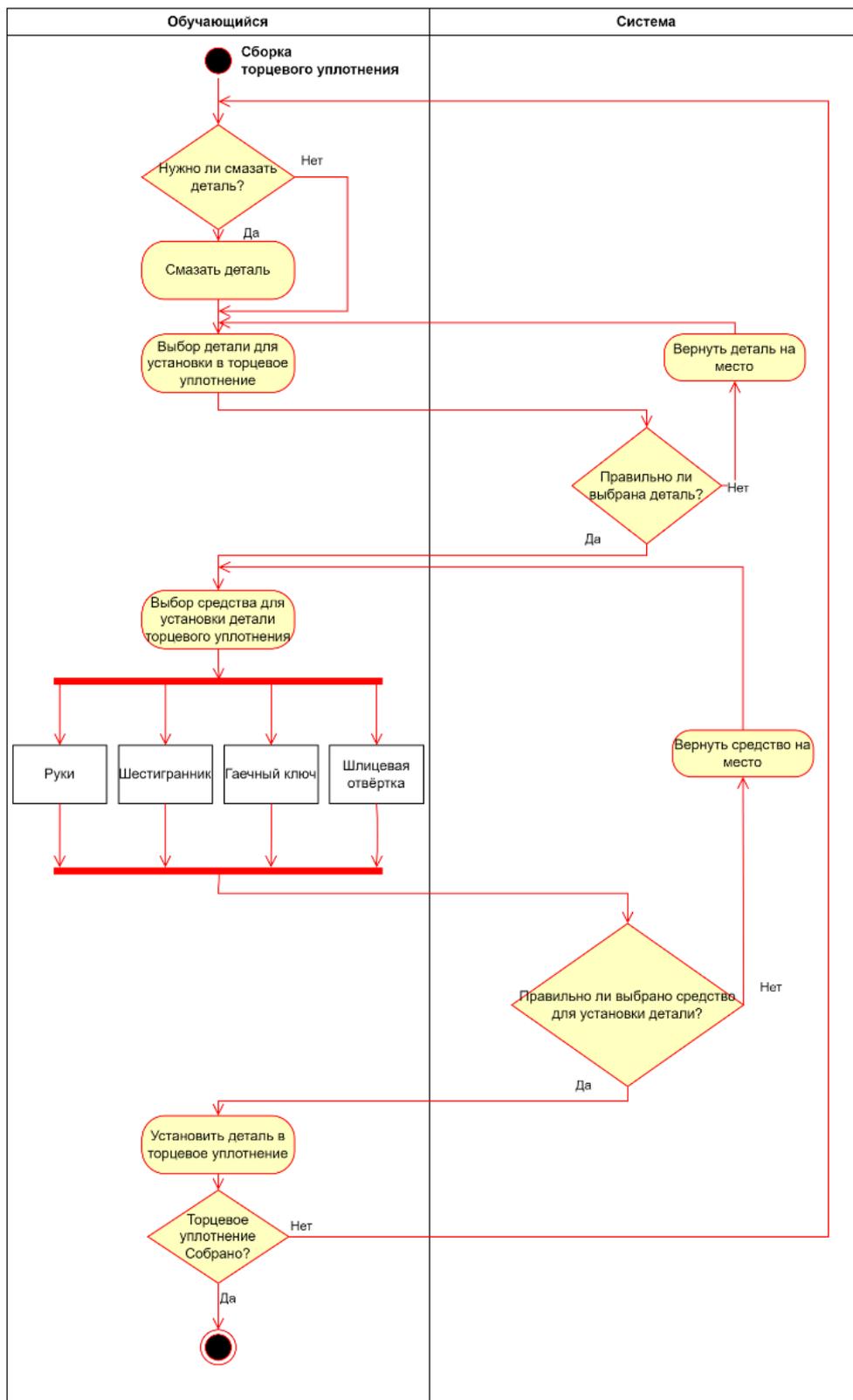


Рисунок 3. Диаграмма деятельности сборки торцевого уплотнения

## Реализация VR-тренажёра по замене торцевого уплотнения ЦНС

Для реализации VR-тренажёра использован игровой движок Unreal Engine 5 - мощный инструмент для создания интерактивных 3D-приложений с поддержкой виртуальной реальности. Unreal Engine предлагает широкий набор возможностей и инструментов для разработки, включая встроенную систему визуального скриптинга Blueprints Visual Scripting. Эта визуальная среда программирования позволяет создавать логику приложения без необходимости написания кода на традиционных языках программирования, что значительно упрощает процесс разработки.

Следующим шагом стало 3D-моделирование в программе Blender. В этой профессиональной среде для создания трехмерной компьютерной графики разработаны детализированные 3D-модели центробежного насоса секционного, его компонентов, торцевого уплотнения и необходимых инструментов для проведения замены. Смоделирована окружающая среда - ремонтный цех, в котором происходит виртуальное обучение.

После создания 3D-моделей началась программная реализация в Unreal Engine. С использованием системы визуального скриптинга Blueprints на данный момент реализованы логика взаимодействия с объектами, процесс разборки торцевого уплотнения, а также интерфейс обучающегося. Blueprints Visual Scripting позволила создать интуитивно понятный и реалистичный процесс обучения без необходимости написания сложного программного кода.



Рисунок 4. VR-тренажёр по замене торцевого уплотнения ЦНС

### Выводы

Применение технологий виртуальной реальности в обучении специалистов по обслуживанию центробежных насосов секционных открывает

новые возможности для повышения эффективности и безопасности учебного процесса.

Внедрение VR-тренажёра по замене торцевого уплотнения ЦНС в учебный процесс является важным шагом в направлении внедрения инновационных технологий в образование. Данная разработка поможет повышению качества подготовки специалистов, обеспечивая их практическими навыками в безопасной и реалистичной виртуальной среде. Дальнейшее развитие и распространение подобных инструментов обучения может привести к значительному улучшению уровня квалификации специалистов в нефтегазовой отрасли.

## Литература

1. DIFFERENT TYPES OF PUMPS EXPLAINED [PICTURES & USES] PDF URL: <https://www.theengineerspost.com/types-of-pumps/> (дата обращения 10.03.2024).

2. Уплотнения для насосов, их виды и применение URL: <https://zenova.ru/articles/podbor-uplotnenij-dlya-nasosov> (дата обращения 10.03.2024).

3. Модернизация торцевого уплотнения центробежного насоса URL: [https://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/71273/vkr-\\_modernizaciya\\_torcovogo\\_uplotneniya.pdf?sequence=1](https://elib.sfu-kras.ru/bitstream/handle/2311/71273/vkr-_modernizaciya_torcovogo_uplotneniya.pdf?sequence=1) (дата обращения 10.03.2024).

4. Волынов, М. М. Виртуальная реальность: виды, структура, особенности, перспективы развития / М. М. Волынов, А. А. Китов, Б. С. Горячкин. – Текст: электронный // E-Scio. – 2020. – № 5 (44). // Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: сайт. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnaya-realnost-vidy-struktura-osobennosti-perspektivy-razvitiya> (дата обращения: 10.03.2024).

5. Мутных, Н. В. Разработка тренажера виртуальной реальности для подготовки специалистов по ремонту центробежного насоса в нефтегазовой отрасли [Текст] / Н. В. Мутных, А. В. Пензин, К. С. Любимов, Е. В. Дружинская, О. В. Щербаков, А. И. Султанов, И. И. Хаертдинов, Х. А. Харисов // Материалы 74-й научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых УГНТУ : сб. материалов 74 Междунар. научно-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых (апрель 2023 г. ; Уфа) / УГНТУ ; ред. Р. У. Рабаев [и др.]. - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2023. - Т. 1. - С. 136-137. - ISBN 978-5-98755-335-0. - Режим доступа: для автор. пользователей.

6. Understanding the Centrifugal Pump in AR and VR URL: <https://eonreality.com/understanding-the-centrifugal-pump-in-ar-andvr/> (дата обращения 10.03.2024).

7. VR for Understanding Fluid Mechanics and Centrifugal Pump URL: <https://www.ixrlabs.com/blog/virtual-reality-for-understandingfluidmechanics/> (дата обращения 10.03.2024).

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

### USING AUGMENTED REALITY FOR THE EFFICIENCY OF DIGITALIZATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS

Петлина Е.М.,  
Ставропольский государственный педагогический институт,  
г. Ставрополь, Российская Федерация  
E.M. Petlina,  
Stavropol State Pedagogical Institute,  
Stavropol, Russian Federation

e-mail: petlina.em@mail.ru

**Аннотация.** В условиях цифровизации образовательного процесса возникает необходимость совершенствования и изменения методической базы обучения учебных занятий за счет внедрения новых технологий. Одним из таких средств является дополненная реальность. Использование элементов дополненной реальности в процессе обучения способствует развитию у обучающихся учебной мотивации, пространственного, критического и аналитического мышления, а также функциональной грамотности.

Популярность смартфонов и планшетов среди обучающихся является одним из факторов роста интереса к использованию дополненной реальности в учебном процессе как инструменту создания эффективной обучающей среды и поиску инновационных образовательных практик с применением AR-технологий. Размещение виртуальных объектов в конкретной среде, в которой они изначально отсутствуют, позволяет формировать новые необычные образовательные практики. В статье проанализирована связь современных особенностей образования с процессом цифровизации. Также рассматривается возможность и целесообразность внедрения AR-технологии в процесс обучения. За счет применения дополненной реальности происходит полное погружение в учебный предмет. Показан простой пример применения данной технологии в рамках школьного курса информатики. Предложен вариант использования лабораторных работ для изучения архитектуры компьютера.

**Abstract.** In the context of digitalization of the educational process, there is a need to improve and change the methodological basis for teaching classes through the introduction of new technologies. One of these tools is augmented reality. The use of augmented reality elements in the learning process contributes to the development of

students' learning motivation, spatial, critical and analytical thinking, as well as functional literacy.

The popularity of smartphones and tablets among students is one of the factors in the growing interest in the use of augmented reality in the educational process as a tool for creating an effective learning environment and searching for innovative educational practices using AR technologies. Placing virtual objects in a specific environment in which they are initially absent allows the formation of new unusual educational practices. The article analyzes the connection between modern features of education and the process of digitalization. The possibility and feasibility of introducing AR technology into the learning process is also being considered. Through the use of augmented reality, complete immersion in the educational subject occurs. A simple example of the use of this technology within a school computer science course is shown. An option is proposed for using laboratory work to study computer architecture.

**Ключевые слова:** цифровизация, дополненная реальность, AR-технология, образовательный процесс, архитектура компьютера.

**Keywords:** digitalization, augmented reality, AR technology, educational process, computer architecture.

В современном обществе процесс цифровизации определил новый этап технологического развития сферы образования. Поэтому система образования должна обеспечить подготовку личности к жизни в современную цифровую эпоху. Правительство Российской Федерации все больше акцентирует внимание граждан на необходимость цифрового подхода при обеспечении образовательного процесса [6]. Например, в 2016 году стартовал проект «Современная цифровая образовательная среда в Российской Федерации». В рамках реализации этого проекта предполагается модернизировать систему российского образования в соответствии с требованиями цифровой экономики. Согласно данной инициативе необходимо внедрять цифровые инструменты учебной деятельности.

В свою очередь данные сервисы способствуют преодолению барьеров традиционной модели обучения: выбор скорости освоения учебной программы, методов и форм обучения, построение индивидуального образовательного маршрута [7]. Если обратиться к современным особенностям в области образования, то можно заметить, что большинство из них связано с внедрением цифровых технологий. Рассмотрим эти особенности и проследим их связь с цифровизацией.

1. Индивидуализация образовательного процесса. В соответствии с требованием «Закона об Образовании в Российской Федерации» Современное обучение в силу разных причин должно стать максимально персонифицированным. Сегодня группы обучающихся становятся все более неоднородные по своему составу. В классе можно встретить и детей с ОВЗ, и

просто обучающихся, которые требуют индивидуального подхода при обучении. Здесь цифровые ресурсы и технологии позволяют решить подавляющее большинство проблем. Путем создания цифровых образовательных экосистем и внедрения их в практику возможно построение подлинно индивидуальных образовательных маршрутов. Обучающийся в каждом конкретном случае получает возможность учиться в комфортном для него темпе. Цифровизация образования способствует тому, что процесс обучения будет доступен в любое время и любой категории граждан, вне зависимости от их рода деятельности или возраста. Развитие цифровых ресурсов и экосистем позволяют выстроить многоуровневые коллаборации. Освоение цифровых коммуникационных систем для новых поколений является одним из ключевых факторов в развитии и социализации.

2. Взаимосвязь образования с практической деятельностью: Образование часто бывает отрезано от существующей практики. На уроках обучающиеся получают большой объем теоретических знаний, но всегда все их могут применить или проверить на практике. Это приводит к тому, что выпускники оказываются не готовы к реальной деятельности в современных условиях. В итоге им приходится все равно заниматься самообразованием. Внедрение цифровых технологий в процесс обучения должно минимизировать данную проблему. Работая с цифровыми инструментами обучающиеся уже получают необходимые навыки для жизнедеятельности в цифровом мире будущего.

3. Геймификация образования: Данный тренд появился в результате столкновения, а затем и взаимопроникновения индустрии развлечений с образованием. В сфере развлечений лидирующее место занимает игровая индустрия. Современные компьютерные игры предоставляют потребителю высокую степень вовлеченности в процесс. В связи с этим наблюдается высокая мотивация в использовании игровых механик в образовании. В результате взаимопроникновения появляются новые цифровые ресурсы и приложения, которые позволяют обучать в игровой форме или внедрять в процесс обучения игровые практики. Благодаря этому у обучающихся повышается интерес к учению.

Сегодня учитель интересен современному поколению, когда способен показать им интересные и «новые» методы изучения проблемы. В настоящее время применение технологии дополненной реальности (AR) в образовании становится все более популярным [1, С. 48]. Одной из главных причин этого является возможность повышения уровня мотивации обучающихся.

Дополненная реальность (AR) – это технология, которая позволяет добавлять виртуальные объекты и информацию в реальный мир [2, С. 41]. Применение данной технологии в образовательном процессе стирает границы между реальностью и виртуальным миром, способствуя более глубокому осмыслению и пониманию изучаемого материала, информация усваивается быстрее, активизирует умственную деятельность обучающихся. Визуализированная виртуальная информация синхронизируется с реальным пространством и временем, за счет чего происходит полное погружение в

учебный предмет, способствуя повышению познавательного интереса школьников.

Технологии AR позволяют обучающимся манипулировать объектами дополненной реальности: перемещение, повороты, изменение размера – совершаемые действия способствуют развитию пространственного мышления, позволяет воспринять изучаемый предмет в полной мере [4, С. 10]. При использовании данной технологии педагогом открываются огромные возможности для изучения материала в более доступной и интересной для обучающихся форме. Организация учебного занятия на основе увлекательных игр с применением AR-технологий, облегчает работу педагога при объяснении нового материала, демонстрации [5, С. 40]. Отметим, что осваивая технологию дополнительной реальности, педагог повышает не только свою информационную грамотности, но и обучающихся.

Внедрение и активное использование технологии AR в практике школьных образовательных учреждений позволяет подведению обучающихся к новой ступени развития, стимулирования и перехода к абстрактному и логическому мышлению. Технологии дополнительной реальности значительно расширяет рамки использования принципа наглядности, благодаря применению графики, анимации, мультипликации в интерактивном режиме, что позволяет более доступно передавать учебную информацию обучаемому.

Рассмотрим простой способ реализации AR-технологии при изучении темы в школьном курсе информатики «Компоненты компьютера и их функции». Данный способ характеризуется созданием виртуальной модели без присутствия физической модели. Необходимо на материальный заместитель наложить виртуальный объект с характеризующими свойствами [3, С. 38].

Целесообразно это осуществлять на лабораторных практикумах, когда нет компьютерного оборудования, либо при возникновении затруднений. Вместо компонентов компьютера таких как: жесткий диск, оперативная память, сетевая карта и др., используется лист белой бумаги с нанесенными специальными маркерами дополненной реальности. Обучающийся при помощи устройства (телефон, планшет) с программным обеспечением сканирует лист и получает вместо маркеров реальные компоненты компьютера. Действия осуществляются перемещением маркеров дополненной реальности, соответствуя правилам сборки системного блока компьютера.

Данный способ поможет обучающимся не сломать уязвимые компоненты компьютера, более подробно рассмотреть конфигурацию системного блока, расширить представления школьников о компьютере, а также оптимизировать познавательный процесс. Несмотря на огромный потенциал, предлагаемый технологией дополнительной реальности, она является довольно простой в использовании и доступна для аудитории вне зависимости от возраста. Однако, несмотря на простоту, требуются новые разработки и знания в области моделирования. Тем не менее, при должном развитии, данная технология позволит расширить многие образовательные потребности обучающихся.

## Выводы

Таким образом, дополненная реальность – это технология, которая предоставляет возможность соединять виртуальный мир с окружающей действительностью в реальном времени, тем самым, повышая интерес к изучению школьных предметов. Главное преимущество технологий AR заключается в возможности визуализации учебного материала, предоставления его на понятном, для современных детей, языке. Данный вид технологий открывает огромное пространство для творчества, совершенствования коррекционного образования, демонстрации того опыта, достижений и процессов, которые нет возможности повторить в режиме реального времени.

## Литература

1. Аксентьева Е.Ю., Хорошавин А.А. Технология дополненной реальности и перспективы совместного использования дополненной реальности и методик игрофикации // Современное образование: традиции и инновации. СПб.: ООО «НИЦ АРТ», 2018. С. 47-50.
2. Девярых В.К., Лозинская А.М. Анализ программных средств разработки технологии дополненной реальности для обучения // Актуальные вопросы преподавания математики, информатики и информационных технологий. 2019. № 4. С. 38-44.
3. Дюличева Ю. Ю. Применение технологии дополненной реальности для повышения эффективности преподавания // Информатика в школе. 2020. № 3 (156). С. 37-46.
4. Кориенко Т.В., Меркушева О.А., Потапов А.А., Шмелькова Е.Ю. Организация образовательной деятельности школьников и дошкольников с использованием технологии дополненной реальности // Районный конкурс педагогических идей и проектов «образование для будущего». 2017. С. 6-11.
5. Куликов Ю. А. Технологии дополненной реальности – инновационная интерактивная технология в образовании // Инновационные тенденции развития системы образования: сборник материалов VII Международной научно-практической конференции. Чебоксары: Центр научного сотрудничества «Интерактив плюс», 2017. С. 67-69.
6. Петлина Е.М. Информатизация образования // Информационные технологии. Проблемы и решения. 2023. № 3(24). С. 43-47.
7. Петлина Е.М. О направлениях работы педагога в условиях цифровизации образования // Инновационные аспекты социально-экономических и информационных процессов в условиях перехода к цифровому обществу: сборник материалов Международной научно-практической конференции. Ставрополь: Издательство «АГРУС», 2022. С. 322-325.

УДК 004.921

## ПОДХОДЫ И МОДЕЛИ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ПОВЕДЕНИЯ ЖИДКОСТИ НА ПРИМЕРЕ ВИРТУАЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ

## APPROACHES AND MODELS FOR VISUALIZING FLUID BEHAVIOR USING THE EXAMPLE OF A VIRTUAL CHEMICAL LABORATORY

Сергеев Д.С., Шерстнев П.А., Каримов Р.Р.,  
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,  
г. Уфа, Российская Федерация  
D.S. Sergeev, P.A. Sherstnev, R.R. Karimov,  
FSBEI HE «Ufa University of Science and Technology», Ufa, Russian Federation

e-mail: sergeevdns@gmail.com, sherst.pavel@yandex.ru, rikar@yandex.ru

**Аннотация.** В статье рассматривается один из способов визуализации жидкости, который при его применении позволит получить ряд преимуществ: улучшение качества визуализации жидкости (в сравнении с водой, реализованной с помощью системы частиц), снижение ресурсоемкости (в сравнении с высоко реалистичными моделями жидкости на базе методов конечных элементов).

Особое внимание уделяется использованию графического движка Unigine для упрощения процесса написания шейдеров и создания необходимых эффектов. Рассматривается инструмент создания шейдеров MaterialEditor. В статье описываются, методы оптимизации процесса визуализации жидкости. В предлагаемом подходе рассматривается два вида поведения жидкости: движение жидкости в сосуде и движение жидкости при переливании.

Для каждого вида поведения предлагается своя методика визуализации жидкости, включающая в себя скриптовую и шейдерную части. Скриптовая часть отвечает за обработку физических показателей для моделирования жидкости, а шейдерная – за отрисовку сложных элементов жидкости и создание визуальных эффектов.

Статья представляет большой интерес для специалистов в области компьютерной графики и разработки виртуальных сред, а также для всех, кто интересуется современными технологиями визуализации.

**Abstract.** The article discusses one of the methods of liquid visualization, which, when applied, will provide a number of advantages: improving the quality of liquid visualization (in comparison with portico water), reducing resource consumption (in comparison with water simulated realistically).

Special attention is paid to the use of the Unigine graphics engine to simplify the process of writing shaders and creating the necessary effects. The article describes

how to optimize fluid visualization by breaking its behavior into two main types: fluid movement in a vessel and fluid movement during transfusion.

For each type of liquid behavior, a different visualization technique is proposed, including scripting and shader parts. The scripting part is responsible for processing physical parameters for fluid modeling, and the shader part is responsible for rendering complex fluid elements and creating visual effects.

The article is of interest to specialists in the field of computer graphics and virtual environment development, as well as to anyone interested in modern visualization technologies.

**Ключевые слова:** визуализация жидкости, компьютерная графика, разработка виртуальных сред, скриптовая часть, шейдерная часть.

**Keywords:** liquid visualization, computer graphics, virtual environment development, scripting part, shader part.

## **Введение**

3D-моделирование движения жидкости для компьютерной графики и виртуальной реальности представляет собой задачу с высокой степенью вычислительной сложностью. В виртуальной химической лаборатории (ВХЛ) используется несколько видов движения жидкости, и реалистичность ее поведения существенно влияет на эффективность обучения и выполнения научных экспериментов.

Значительную долю веществ, используемых в ВХЛ, представляют собой жидкости. При визуализации процесса выполнения физико-химического опыта жидкость преобразуется из одного агрегатного состояния в другое, происходит смешивание разных жидкостей с получением различных эффектов. Несмотря на это реализация ВХЛ должна строиться с использованием ограниченных вычислительных ресурсов, используемых для визуализации.

## **Цели и задачи**

Целью данной работы является повышение качества визуализации поведения жидкости и оптимизация вычислительных ресурсов в виртуальных 3D средах. Предлагаемый в статье подход обеспечивает построение виртуальных химических лабораторий на основе ограниченных вычислительных ресурсов. Реализация описываемых подходов выполнялась с применением графического движка Unigine.

## **Общее описание подходов**

Для визуализации в компьютерной программе применяются так называемые «шейдеры». Шейдеры, в компьютерной графике, это программы,

которые рассчитывают освещение, цвет и другие параметры во время рендера 3D сцен. Шейдеры выполняют свою работу в соответствии с рендер-пайплайном – последовательностью этапов работы шейдеров в финале которой получается готовое изображение.

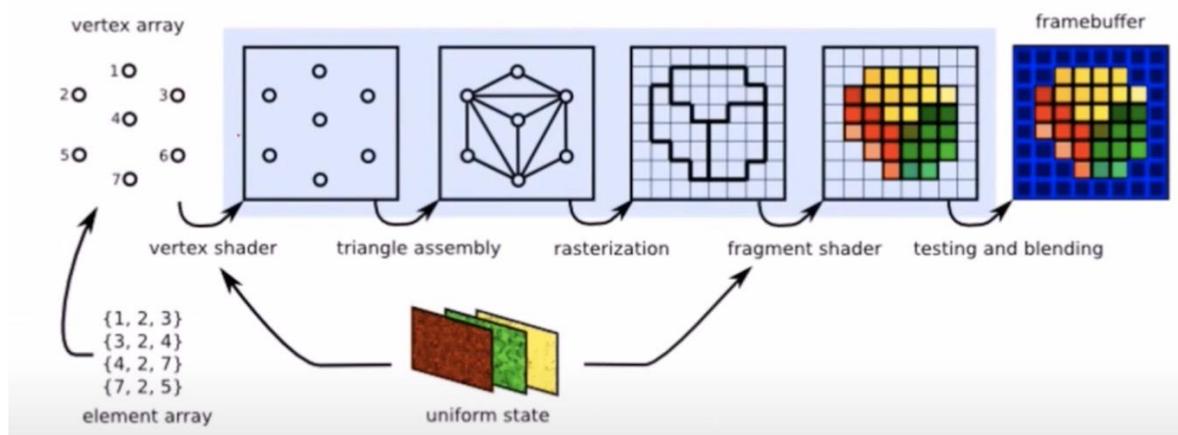


Рисунок 2. Классический рендер-пайплайн

При разработке игр зачастую редактируют только два шейдера – шейдер вершин и фрагментный шейдер. В Unigine для упрощения написания шейдеров применяется Material Editor – библиотека визуального программирования, основанная на системе нод. Таким образом, используя систему нодов, обеспечивается возможность создавать необходимые визуальные эффекты.

Результатом работы в material editor является шейдер, который должен быть связан с нодой материала. Нода материала имеет следующие параметры: albedo, metalness, roughness, specular, normal, ambient occlusion, emission и остальные. Также, если материал является alpha blend (прозрачным), то добавляется параметр непрозрачности - opacity. В случае с alpha test добавляется параметр opacity clip threshold - порог обрезки непрозрачности.

Существующие подходы к визуализации жидкости требуют значительных вычислительных ресурсов. Для оптимизации вычислительных ресурсов предлагается следующий подход.

### Описание предлагаемого подхода

Основным предметом визуализации в виртуальной лаборатории является жидкость. В целях оптимизации поведение жидкости было разбито на 2 вида – 1) движение жидкости в сосуде (в том числе, кипение), 2) движение жидкости при переливании. Каждый вид движения состоит из двух частей: скриптовая часть – взаимодействует с движком приложения, обрабатывает физические показатели для моделирования жидкости; шейдерная часть – взаимодействует со скриптовой частью и отрисовывает части жидкости, которые сложно рассчитать на процессоре, а также создает необходимые визуальные эффекты.

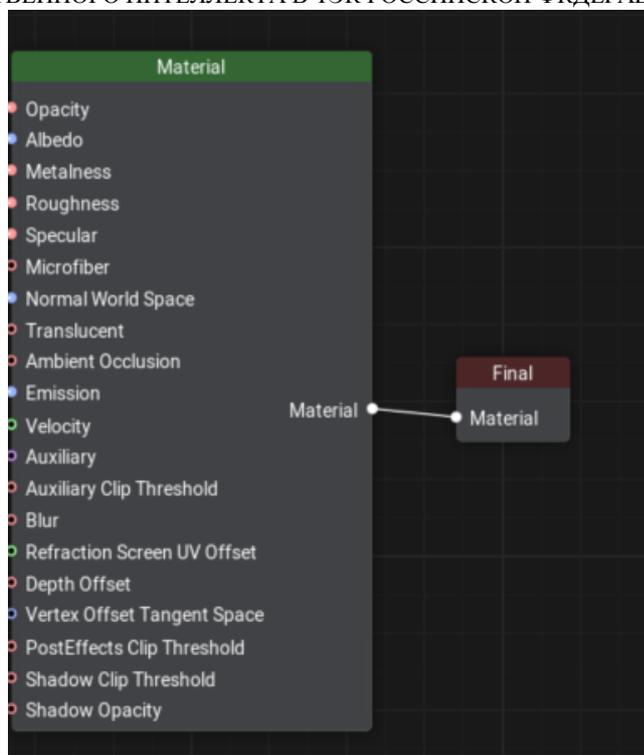


Рисунок 3. Параметры ноды «Material»

### Скриптовая часть визуализации жидкости

Для реализации эффекта движения жидкости внутри некоторого объёма используется следующий метод: создается виртуальное тело объекта, представляющее собой «коробку», задающую более точный размер тела, который считывается скриптом. Затем рассчитывается высота столба жидкости в относительных координатах для оценки заполненности емкости (которая будет зависеть от положения объекта в пространстве). Затем значение высоты передается на шейдер для отображения. На этой высоте создается меш уровня жидкости (МУ), который в дальнейшем будет необходим для следующего эффекта.

Для реализации эффекта переливания жидкости требуется еще на этапе моделирования создать емкость таким образом, чтобы был известен точный диаметр отверстия. На основе этого диаметра генерируется меш переливания жидкости с топологией «веер» (МП) (Рисунок 4).

При переливании необходимо наклонить одну из емкостей (исходная емкость ИЕ), при этом два меша МУ и МП соприкоснутся и вершины меша МП, которые оказались ниже плоскости МУ будут являться точками переливания (ТП). Если таких точек больше, чем две, то для каждой пары точек будет построен меш четырехугольной топологии, где две верхние точки – это ТП, а нижние точки (ТП-2) – это проекции данных точек на МП целевой емкости (ЦЕ). Таким образом строится первый уровень меша переливания (МП).

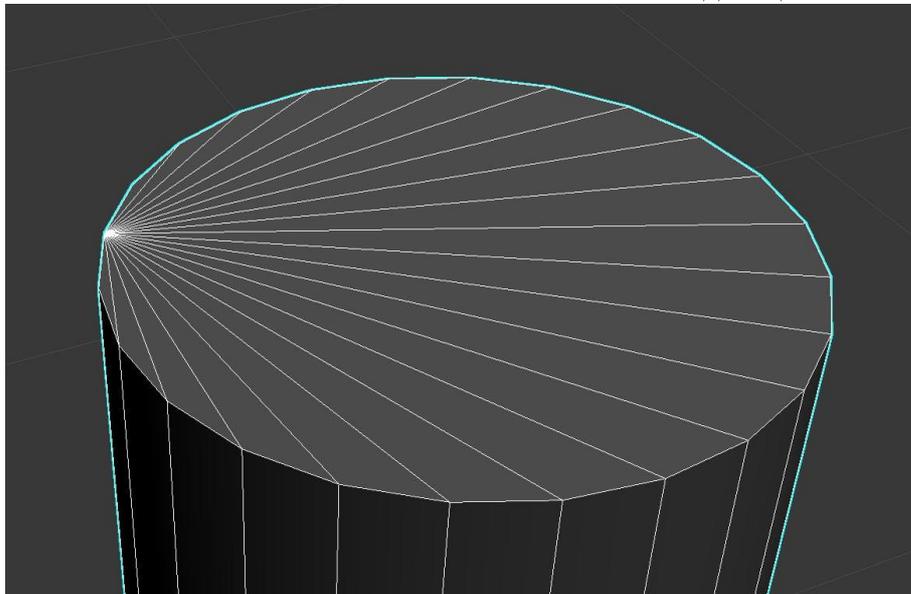


Рисунок 4. Окружность с топологией «Веер»

Второй уровень МП строится как проекция ТП-2 (ТП-3) на ЦЕ, далее аналогичным образом строится меш четырехугольной топологии. Таким образом, 2 уровня МП формируют меш переливаемой жидкости, которая визуальнo переливается из ИЕ в ЦЕ.

Для построения третьего уровня МП ТП-3 проецируется по направлению стакана на МУ и, так же, как и в предыдущий раз, строятся меш четырехугольной топологии. Данный уровень представляет собой эффект переливания жидкости по стенке емкости и актуален только для емкостей со стенками, перпендикулярными дну.

Схему построения меша переливания жидкости можно представить следующим образом (Рисунок 5).

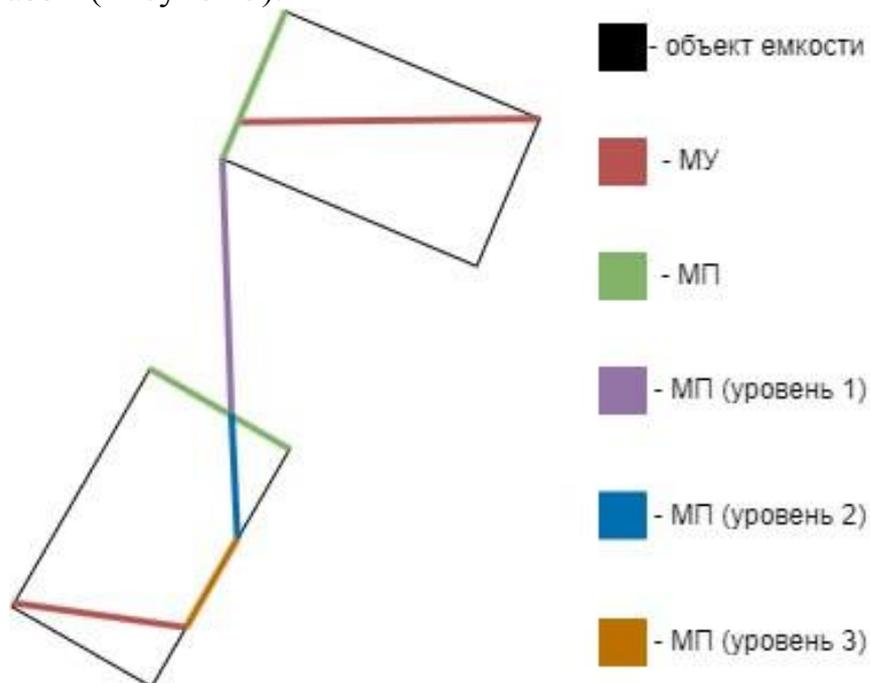


Рисунок 5. Схема меша переливания жидкости

## Шейдерная часть визуализации жидкости

На входе шейдер жидкости в сосуде получает позицию (*plane\_pos*) и нормаль (*plane\_normal*) плоскости, вдоль которой обрезаются объекты жидкости. Также шейдер принимает следующие параметры: цвет жидкости (*albedo*), непрозрачность (*opacity*), индекс отражения (*IOR*), жесткость материала жидкости (*roughness*), металличность материала жидкости (*metalness*), степень эффекта Френеля (*Fresnel power*), степень кипения (*boiling intensity*), тайлинг эффекта кипения (*boiling tiling*). Также используются текстуры и параметры, которые в готовом виде присутствуют в движке Unigine – *noise.texture* (текстура шума), *water\_detail\_n.texture* (текстура воды), *GameTime* (время).

Параметр *opacity*, с помощью которого визуализируется высота жидкости в сосуде, рассчитывается с помощью следующей формулы:

$$opacity_{mat} = Step(-(VertexPosition_{objectspace} - plane_{pos} + boiling) \cdot plane\_normal) * opacity,$$

где  $boiling = noise_{\sin(GameTime)} * 0.005 * boiling\_intensity$ ,

*VertexPosition* – положение вертекса в пространстве объекта, предоставляемого вершинным шейдером.

Параметр *specular*, который управляет степенью отражаемости материала, удобнее всего регулировать, управляя величиной *IOR* (индекс отражения), так как данные об этой величине можно получить из справочников. Рассчитывается по следующей формуле:

$$Specular_{mat} = \frac{\left(\frac{IOR-1}{IOR+1}\right)^2}{0.08}$$

Параметр *normal* рассчитывается по следующей формуле:

$$normal_{mat} = (IsFrontFace? water\_detail\_n: (0f, 0f, 1f)) + boiling,$$

где *IsFrontFace* – внутренняя функция Unigine, позволяющая проверить, какая часть полигона обрабатывается в данный момент – внутренняя или внешняя.

Параметр *emissive* отвечает за эффект преломления лучей в жидкости. Рассчитывается по следующей формуле:

$$emissive = Refraction(normal) * (1 - Fresnel(normal)^{fresnelPower}),$$

где *Refraction* – внутренняя функция Unigine для расчета преломленного луча;

*Fresnel* – внутренняя функция Unigine для расчета эффекта Френеля.

*Albedo*, *metalness*, *roughness* подключаются непосредственно к ноде *Material*.

Для визуализации жидкости при переливании создается шейдер, который проецирует текстуру на генерируемый меш и передвигает его по вертикали. Для этого текстура трипланарно проецируется на поверхность, с помощью внутренней функции Unigine – *Triplanar*. На вход шейдера получаются следующие параметры: *tiling*, *opacity*, *speed*, *normal*, *normal\_strength*, *albedo*, *roughness*, *metalness*.

Движение жидкости управляется параметром *offset*, который рассчитывается по следующей формуле:

$$offset = (0.5f; 0.5f; -GameTime * speed)$$

Накладываемые текстуры *opacity* и *normal* смещаются с помощью параметра *offset*. *Albedo*, *metalness*, *roughness* подключаются непосредственно к ноду *Material*.

### Сравнение подходов к созданию эффекта переливания жидкости

Поскольку рассматривается графика для приложения виртуальной реальности, то подход к полной симуляции жидкости не применим по причине высокой ресурсоемкости.

Поэтому остается только 2 варианта: предложенный авторами статьи вариант с отрисовкой меша и подход с генерацией частиц. На Рисунок 6 наглядно видно преимущество первого подхода с визуальной точки зрения.



Рисунок 6. Сравнение процесса переливания (выливания) жидкости

### Выводы

В заключение следует отметить, что предложенный метод визуализации жидкости с использованием графического движка *Unigine* открывает новые возможности для оптимизации и улучшения качества визуализации в виртуальных 3D средах. Разбиение поведения жидкости на два основных вида и применение соответствующих методик визуализации позволяет достичь значительного снижения ресурсоемкости без потери качества изображения. Это делает возможным использование более реалистичной жидкости в рамках приложений виртуальной реальности, что позволяет обеспечить более высокий уровень погружения в сравнении с методом создания жидкости из частиц (партиклов).

Таким образом, рассмотренный метод визуализации жидкости представляет собой перспективное направление для дальнейших исследований и разработок в области компьютерной графики и виртуальной реальности.

## Литература

1. Документация Unigine – URL: <https://developer.unigine.com/en/docs/latest/> (Дата обращения: 11.04.2024).
2. Jos Stam Real-Time Fluid Dynamics for Games - URL: <http://graphics.cs.cmu.edu/nsp/course/15-464/Fall09/papers/StamFluidforGames.pdf> (датаобращения: 18.04.2024).
3. Верхотуров М.А., Верхотурова Г.Н., Петренко С.В. Поиск локального экстремума задачи размещения многоугольников в области из анизотропного материала // В сборнике: Перспективные информационные технологии (ПИТ 2020). Труды Международной научно-технической конференции. Под редакцией С.А. Прохорова. 2020. С. 352-356.
4. Бауыржанқызы Аружан, Мирғалиқызы Толқын. Модели и методы 3d симуляции жидкостей // Universum: технические науки. 2023. №2-1 (107). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/modeli-i-metody-3d-simulyatsii-zhidkostey> (дата обращения: 18.04.2024).

УДК 004.032.26

## ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЛЕКСНОЙ АЛГЕБРЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ВЕСОВ НЕЙРОНА НА ПРИМЕРЕ ДАТАСЕТА ИРИСЫ ФИШЕРА

## APPLICATION OF COMPLEX ALGEBRA FOR THE FORMATION OF NEURON WEIGHTS USING THE EXAMPLE OF THE IRIS FISCHER DATASET

Яковлев А.С., Гиниятуллин В.М., Шаякберов Э.В., Горонкова А.Р.,  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический  
университет»,

г. Уфа, Российская Федерация

A.S. Yakovlev, V.M. Giniyatullin, E.V. Shayanberov, A.R. Goronkova,  
FSBEI HE «Ufa State Petroleum Technical University»,

Ufa, Russian Federation

e-mail: rtst5632@yandex.ru

**Аннотация.** На текущий момент времени нейронные сети проникают во все сферы жизни человека, и тем самым очень важной задачей является исследование и изучение принципов работы нейронных сетей, а также её внутреннего устройства.

Данная статья посвящена решению задачи классификации датасета ирисы Фишера при помощи нейронной сети с комплексными весами. Использование

комплексных весов сможет увеличить эффективность и скорость работы нейронных сетей.

В ходе работы была разработана однослойная нейронная сеть с комплексными весами, которая успешно решила задачу классификации с точностью 100%. Было проведено сравнение с обычной вещественной нейронной сетью, в ходе которого выявлена повышенная функциональность у комплексной нейронной сети.

На текущий момент получилось достичь повышение эффективности работы по сравнению с обычными нейронными сетями, что показывает наличие потенциала нейронных сетей данного типа. Ставится цель по дальнейшему исследованию нейронных сетей с комплексными весами и разработке программного продукта по итогу исследования.

Данный программный продукт позволит повысить скорость работы и точность нейронных сетей при решении различного типа задач.

**Abstract.** At the moment, neural networks penetrate into all spheres of human life, and thus a very important task is to study and study the principles of neural networks, as well as its internal structure.

This article is devoted to solving the problem of classifying the Iris Fischer dataset using a neural network with complex weights. The use of complex weights can increase the efficiency and speed of neural networks.

During the work, a single-layer neural network with complex weights was developed, which successfully solved the classification problem with 100% accuracy. A comparison was made with a conventional real neural network, during which increased functionality of a complex neural network was revealed.

At the moment, it has been possible to achieve an increase in work efficiency compared to conventional neural networks, which shows the potential of neural networks of this type. The goal is to further study neural networks with complex weights and develop a software product based on the results of the study.

This software product will improve the speed and accuracy of neural networks in solving various types of tasks.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, нейронные сети, комплексные числа, нейрон, классификация.

**Keywords:** artificial intelligence, neural networks, complex numbers, neuron, classification.

Нейронная сеть (НС) предполагает математическую модель, которая может обучаться на так называемых датасетах. Каждый искусственный нейрон получает сигналы от подключенных нейронов, затем обрабатывает их и отправляет сигнал другим подключенным нейронам. "Сигнал" - это действительное число, а выходной сигнал каждого нейрона вычисляется с использованием некоторой нелинейной функции от суммы его входных данных,

называемой функцией активации. Сила сигнала при каждом подключении определяется весом, который корректируется в процессе обучения [1].

НС может состоять из входного, скрытых и выходного слоёв, скрытых слоёв может быть произвольное количество, в том числе их может не быть вовсе. Следует различать НС с одним скрытым слоем и однослойные НС. Слои НС – это один или несколько нейронов с общим входом и выходом. Чаще всего в нейронах используются вещественные веса, но в некоторых случаях могут использоваться и комплексные веса [2].

Использование нейронов с комплексными весами в ядрах НС является перспективным по ряду причин. Во-первых, комплексно-значный нейрон может решать линейно не разделимые проблемы в  $N$ -мерном пространстве, в отличие от вещественного нейрона. Во-вторых, существует множество реальных задач, которые находятся в области комплексных чисел и для их решения требуется использовать комплексную алгебру, например, силовая электротехника [3].

Реализована НС с комплексно-значными нейронами. Для данной задачи был выбран набор данных Ирисы Фишера, который состоит из 150 экземпляров, по 50 экземпляров из трёх видов: ирис щетинистый (*Iris setosa*), ирис виргинский (*Iris virginica*) и ирис разноцветный (*Iris versicolor*). Известно, что каждый экземпляр имеет четыре характеристики, измеряемые в сантиметрах с одним знаком после запятой, то есть в миллиметрах: длина наружной доли околоцветника, ширина наружной доли околоцветника, длина внутренней доли околоцветника и ширина внутренней доли околоцветника [4].

Для обучения использовалась НС с одним комплексно-значным нейроном. Входные данные масштабированы в диапазон  $[-1; 1]$ . Рабочий ход перцептрона состоит из скалярного произведения входящего вещественного вектора на комплексный вектор весов, длина векторов четыре индекса, смещение не используется (формула 1). На текущий момент веса НС подбираются путём полного перебора.

$$(x_1; x_2; x_3; x_4) * \begin{pmatrix} w_1 + iv_1 \\ w_2 + iv_2 \\ w_3 + iv_3 \\ w_4 + iv_4 \end{pmatrix} = p + iq \quad (1)$$

В комплексной алгебре отсутствует операция сравнения, сравнивать можно только модули комплексных чисел, в следствие этого функция активации – это сумма квадратов компонент (корень не извлекается). Таким образом исходное  $n$ -мерное вещественное пространство преобразуется в комплексное пространство  $Re/Im$ .

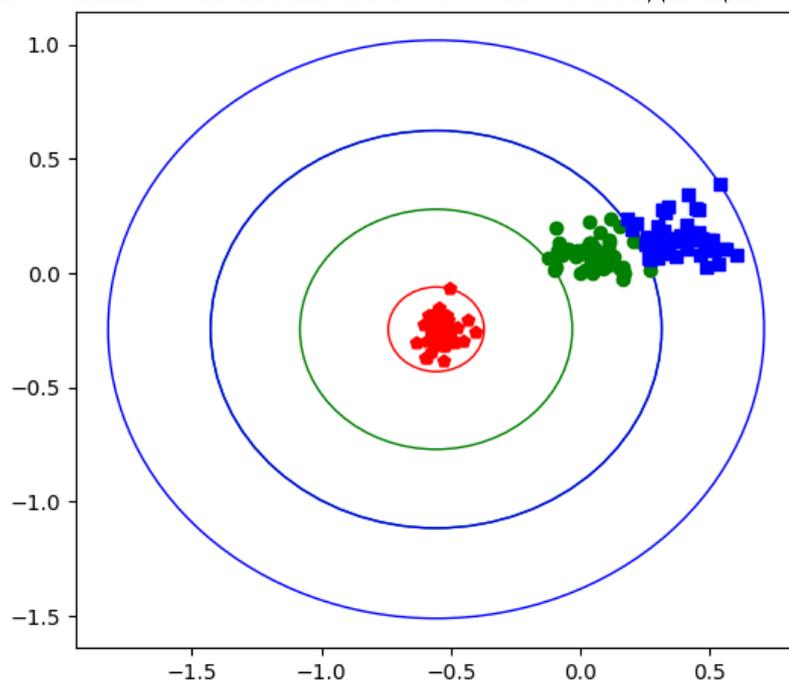


Рисунок 1. Разделяющие окружности

Геометрическая интерпретация результатов (рисунок 1) содержит концентрические окружности – это комплексные числа, модуль которых одинаков, и точки – это  $Re/Im$  координаты скалярного произведения экземпляров обучающей выборки на вектор весов. Как видно из полученных результатов, НС разделила пространство на пять областей, три из которых заняли экземпляры датасета и две пустые.

Создание слоёв из комплексно-значных нейронов потребует дополнительных вычислительных затрат и более сложной интерпретации результатов [5].

Следует отметить, что *Iris setosa* (обозначенный красным цветом) является линейно разделимым классом [6], что характеризуется его отдалением от других классов на графике. Приближаясь к центру, можно заметить дополнительную пустую область, в данном случае её можно считать принадлежащей к классу *Iris setosa* (рисунок 2).

Между классами *Iris versicolor* (обозначенный зеленым цветом) и *Iris virginica* (обозначенный синим цветом) также присутствует дополнительная пустая область (рисунки 3-4). Более подробный анализ показал, что в ней не могут присутствовать экземпляры, так как ширина данной плоскости меньше, чем шаг измерений датасета, тем самым данную область можно заменить разделяющей кривой, принадлежащей к одному из классов, в данном случае к *Iris virginica*.

Квадратичная мера близости обсуждаемых экземпляров к разделяющей линии минимальна, хотя их взаиморасположение и на плоскости  $Re/Im$  и в исходном пространстве входов таковым назвать нельзя [7].

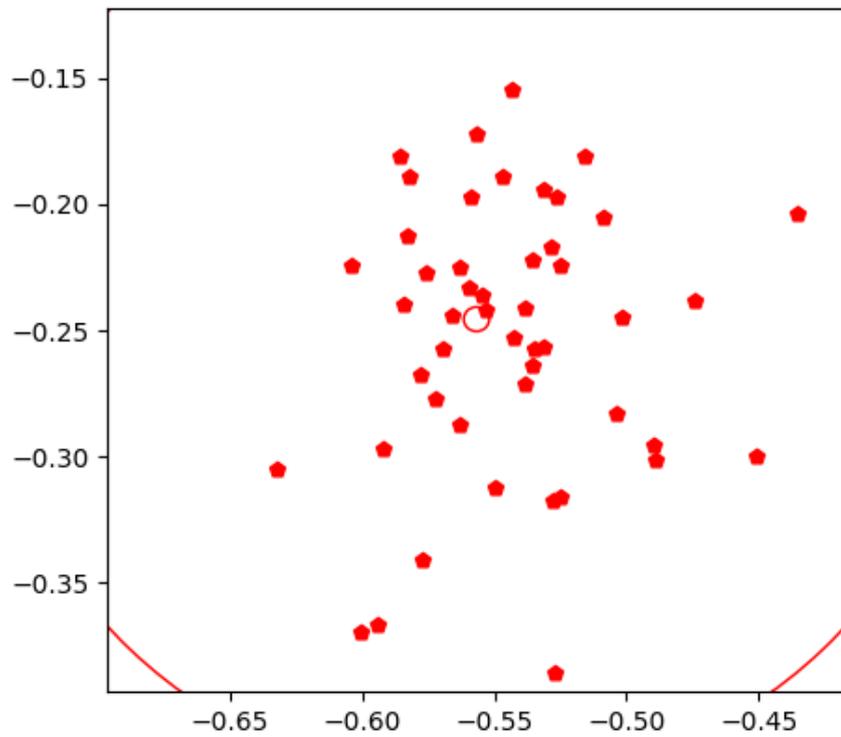


Рисунок 2. Центр разделяющих окружностей

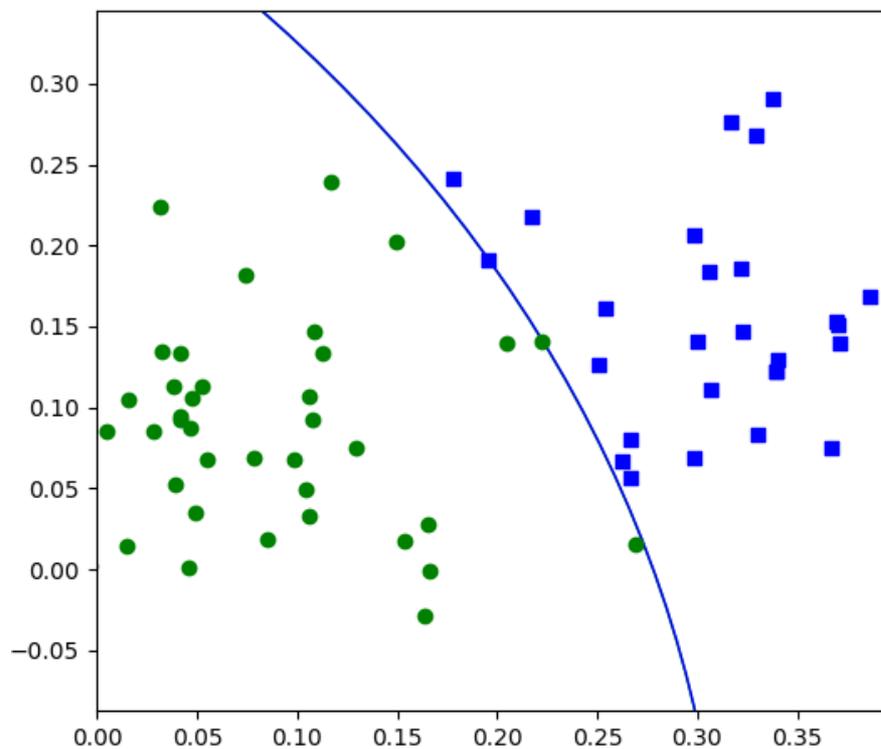


Рисунок 3. Разделяющая окружность между *Iris versicolor* и *Iris virginica*

Было проведено сравнение комплексной НС с вещественной НС [8]. При одинаковой точности классификации, в вещественной НС скрытый слой имеет 10 нейронов, в тоже время в комплексной НС всего лишь один нейрон. Это показывает, что комплексные НС требуют меньше ресурсов вычислений, чем вещественные, при одинаковой эффективности.

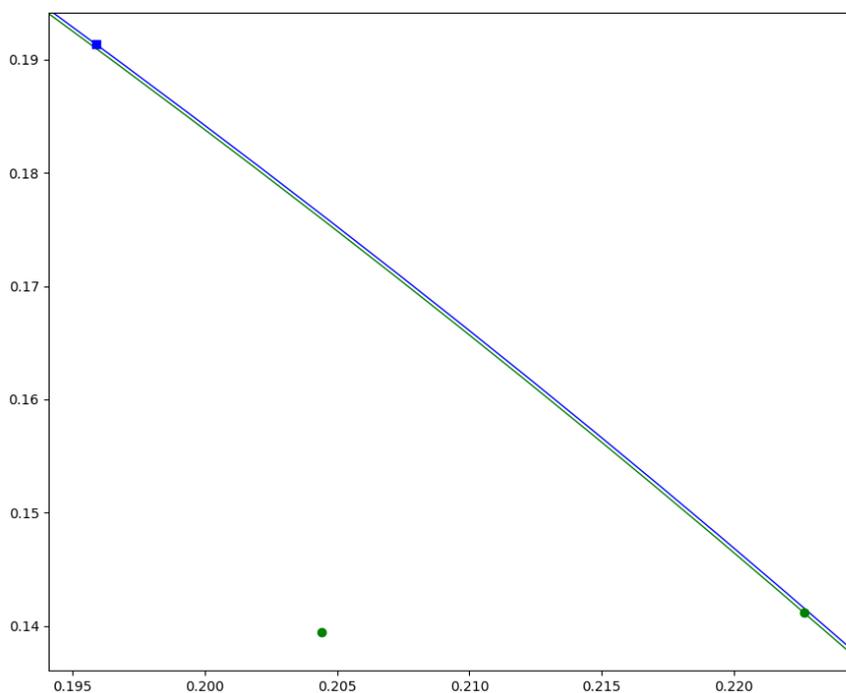


Рисунок 4. Фрагмент разделяющей окружности

## Выводы

Таким образом, была создана нейронная сеть с единственным комплексно-значным нейроном, который на рабочем ходе производит меньшее количество вычислений, чем вещественная нейронная сеть.

Квадратичная разделимость Ирисов Фишера демонстрирует существование квадратичных разделяющих линий и разделяющих коридоров. Полученные результаты ставят необходимость дополнительного исследования комплексных слоёв нейронных сетей.

## Литература

1. Николенко С. Глубокое обучение. / С. Николенко, А. Кадури, Е. Архангельская. – СПб.: Питер, 2018., 480 с.
2. Айзенберг И. Комплексно-значные нейронные сети – М.: Спрингер-Верлаг, 2011., 279 с.
3. Шнеерсон Э.М. Цифровая релейная защита. – М.: Энергоатомиздат, 2007., 549 с.
4. Fisher R.A. The Use of Multiple Measurements in Taxonomic Problems // Annals of Eugenics: journal. – 1936. – Vol. 7. – P. 179—188.
5. Гиниятуллин В.М. Реализация бинарных решающих функций в нейросетевом базисе / Гиниятуллин В.М., Зозуля Ю.И., Муртазина В.А., Фазылова М.В. Нейрокомпьютеры: разработка, применение. 2006. № 10. С. 3-8.
6. Кириченко А.А. Нейропакеты – современный интеллектуальный инструмент исследователя / А.А. Кириченко. – 2013. – 297 с.

7. Гиниятуллин В.М. Оценка семантической близости между критериями оценивания в рабочих программах вуза / Гиниятуллин В.М., Салихова М.А., Хлыбов А.В., Чурилов Д.А., Чурилова Е.А. // Современные наукоемкие технологии. 2021. № 1. С. 12-19.

8. Решение задачи классификации Ирисов Фишера [Электронный ресурс]: [сайт]. – URL: <https://habr.com/ru/companies/ruvds/articles/679988/> (дата обращения 15.04.2024)

## ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В НАУКЕ, ОБРАЗОВАНИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ

УДК 004.832

### ВЫЯВЛЕНИЕ СКРЫТЫХ СВОЙСТВ ОБЪЕКТОВ ГЕОСОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГЕНЕРАТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ

### IDENTIFICATION OF HIDDEN PROPERTIES OF GEOSOCIAL NETWORK OBJECTS USING GENERATIVE MODELS

Багауова А.С., Белозеров А.Е.,  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,  
г. Уфа, Российская Федерация  
A.S. Bagauova, A.E. Belozerov,  
FSBEI HE “Ufa state petroleum technological university”, Ufa, Russian Federation

e-mail: anna.s.ovsyannikova@mail.ru, belozerovae@yandex.ru

**Аннотация.** Ведется разработка геосоциальной сети, которая позволит сделать организацию путешествий и планирование досуга более удобными за счет механизмов социальной активности пользователей. Одним из таких механизмов является технология интеллектуального тегирования.

Технология интеллектуального тегирования подразумевает привлечение к процессу не только владельцев объектов, но и пользователей системы, и саму систему. Данный подход особенно актуален для общественных мест и объектов, у которых нет владельца или единственного управляющего, так как, для того чтобы объекты попадали в механизм поиска по тегам, необходимо правильное и ответственное их заполнение.

В данной статье рассматривается один из методов тегирования на основе социального подхода. Показана возможность корректного выявления свойств у объекта только на основе GPT и данных этого конкретного объекта, то есть без большого объема данных по всем объектам.

Разработан механизм выявления скрытых свойств объектов с помощью генеративной модели GigaChat. Приведена модель промта. Описан алгоритм взаимодействия геосоциальной сети с генеративной моделью GigaChat. Приведена структурная схема метода.

Разработанный метод используется при создании геосоциальной сети и, в частности, мобильного приложения.

**Abstract.** Geosocial network is being developed, which will make travel and leisure planning more convenient due to the mechanisms of social activity of users. One of these mechanisms is intelligent tagging technology.

Intelligent tagging technology involves involving not only the owners of objects in the process, but also the users of the system and the system itself. This approach is especially relevant for public places and objects that do not have an owner or a single manager, since in order for objects to get into the tag search engine, they must be filled in correctly and responsibly.

This article discusses one of the tagging methods based on a social approach. The possibility of correctly identifying the properties of an object is shown only on the basis of trained GPT and data from this particular object, that is, without a large amount of data on all objects.

The mechanism has been developed to identify hidden properties of objects using the generative GigaChat model. The prompt model is given. The algorithm of interaction of the geosocial network with the generative GigaChat model is described. A block diagram of the method is given.

The developed method is used to create a geosocial network and, in particular, a mobile application.

**Ключевые слова:** геосоциальная сеть, свойства объектов, тегирование, нейросетевые технологии, искусственный интеллект.

**Keywords:** geosocial network, properties of objects, tagging, neural network technologies, artificial intelligence.

Разрабатываемая геосоциальная сеть (далее – Сеть) базируется на децентрализованном способе накопления информации, что позволит объединить в одном сервисе информацию об интересных местах и объектах и сделать организацию путешествий и планирование досуга более удобными [1, С. 81].

Сеть реализует функционал базовых сущностей: Объект, Место, Событие, Лента и др. Место – это географическое место без коммерческого владельца, например, река или пещера. Объект – это заведение, имеющее юридического владельца, например, кафе или кинотеатр [2, С. 92]. Для расширения возможностей накопления и поиска информации вводится понятие Тег. Тег взаимодействует с сущностями Объект, Место, Пользователь и Отзыв.

Тегирование – давно известный и удобный механизм, с помощью которого классифицируется и легко находится нужная информация. Однако классический подход к тегированию не работает в ситуации, когда у объекта нет владельца и его продвижением никто не занимается.

Для того чтобы обеспечить максимальное покрытие тегированием публикуемых объектов, к процессу решено привлекать пользователей системы и саму систему [3, С. 269]. Предусмотрен один механизм тегирования, иницируемый пользователем, и четыре механизма, иницируемые сетью (рисунок 1).



Рисунок 1. Механизмы тегирования

Метод А1 заключается в том, что пользователи могут просматривать и добавлять теги самостоятельно. В методе В1 реализуется подбор тегов из справочника на основе категории объекта. В методе В2 Сеть предлагает пользователям добавить тег [4, С. 98]. Метод В4 обеспечивает своевременную проверку и обновление устаревшей информации [5, С. 93].

Метод В3 заключается в выявлении скрытых закономерностей и свойств объектов. Есть два возможных механизма для этого: нейросетевые технологии и применение искусственного интеллекта.

Применение нейросетевых технологий на основе анализа больших данных – скорее всего лучший подход к решению задачи, позволяющий строить гибкую, адаптирующуюся модель, настраиваемую под конкретную ситуацию. Кроме того, эта модель могла бы анализировать именно данные из Сети. Однако, построение корректно работающей модели потребует огромных ресурсов с точки зрения проектирования, развития модели и аппаратного обеспечения. А, самое главное, для тестирования и построения модели требуется реально работающая Сеть, которой пока нет.

Второй подход – это применение, так называемого, искусственного интеллекта (GPT), то есть генеративных моделей, обученных на огромном объеме человеческих знаний. Преимущество заключается в том, что можно использовать уже существующую модель, лишь немного подстраивая ее под себя. То есть не нужны серверы, проектировщики, тестовые данные – все уже встроено и можно получить доступ за очень низкую плату. Недостатком является то, что эта модель обучена на общечеловеческих знаниях, а не на конкретных данных нашей Сети.

Генеративные модели получили популярность после выхода ChatGPT компании OpenAI. Сейчас существует большое множество моделей, рассмотрены: ChatGPT, Claude, Yandex GPT и GigaChat.

ChatGPT – самая известная на сегодняшний день модель для обработки естественного языка и генерации текстов. Для доступа нужен VPN, не имеет бесплатного API.

Claude разработан компанией Anthropic, создан специально для безопасного взаимодействия с человеком, специализируется на написании

больших статей. На данный момент не имеет API, а для доступа к чату необходим VPN.

Yandex GPT – разработана компанией Яндекс, подходит для работы с русскоязычными текстами. Работает без VPN, нет бесплатного API.

GigaChat – модель от Сбербанка, отлично работает с русскоязычными текстами. Предоставляет бесплатный тариф для API, VPN не требуется.

Для получения качественного результата с помощью генеративной модели очень важно подготовить правильный промт (формализованный словесный запрос к GPT), т.е. подробно сформулировать запрос и описать, каким должен быть ответ.

Протестировано более ста промтов разного объема и с различными способами постановки задачи, получены ответы от всех сетей. Исследование велось на основе данных 2ГИС по знакомым объектам, предложенные свойства для которых можно оценить лично. По результатам моделирования определено: YandexGPT дает не очень корректный результат, Claude генерирует подробный ответ, ChatGPT и GigaChat дают хорошие, очень похожие ответы (рисунок 2).

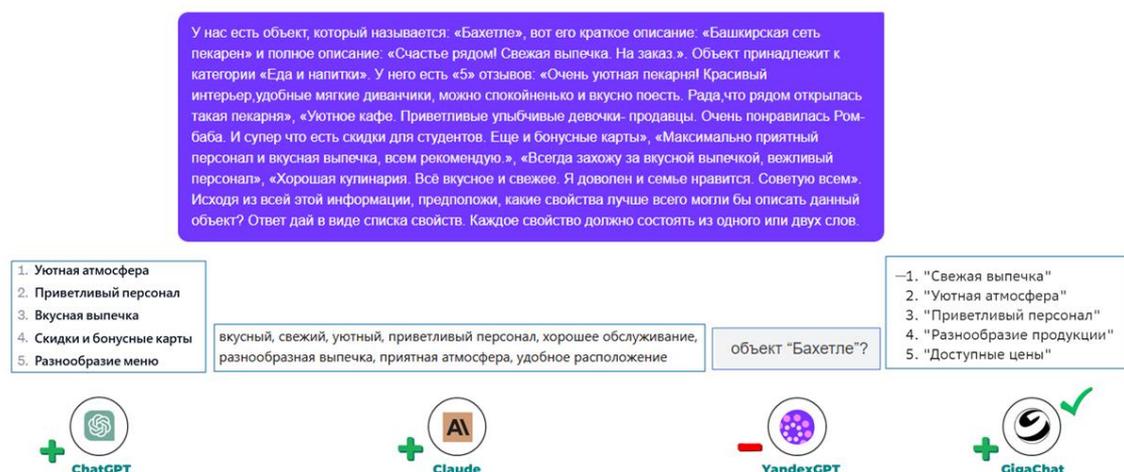


Рисунок 2. Ответы GPT

С учетом ограничений по возможностям систем в качестве претендента для решения задач выбран GigaChat.

Разработана модель промта (рисунок 3).

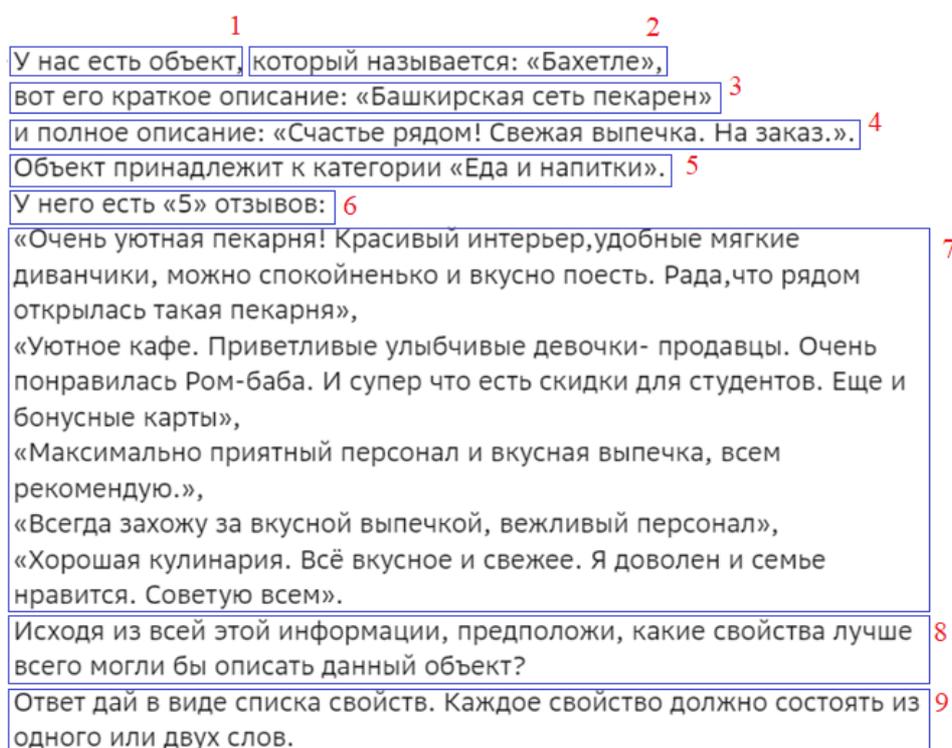


Рисунок 3. Модель промта

Промт содержит:

1. Вводную информацию по задаче.
2. Наименование объекта.
3. Краткое описание объекта.
4. Полное описание объекта.
5. Вводную информацию по категориям, к которым принадлежит объект.
6. Количество имеющихся отзывов по объекту.
7. Список всех отзывов.
8. Вопрос к модели.
9. Описание формата для отображения результата.

Структурная схема метода БЗ представлена на рисунке 4.

Для сопряжения Сети с GPT используется API. Запросы на определение свойств к GigaChat формируются серверной подсистемой Сети. После получения ответа запускается механизм социального опроса для тестирования выявленных свойств людьми.

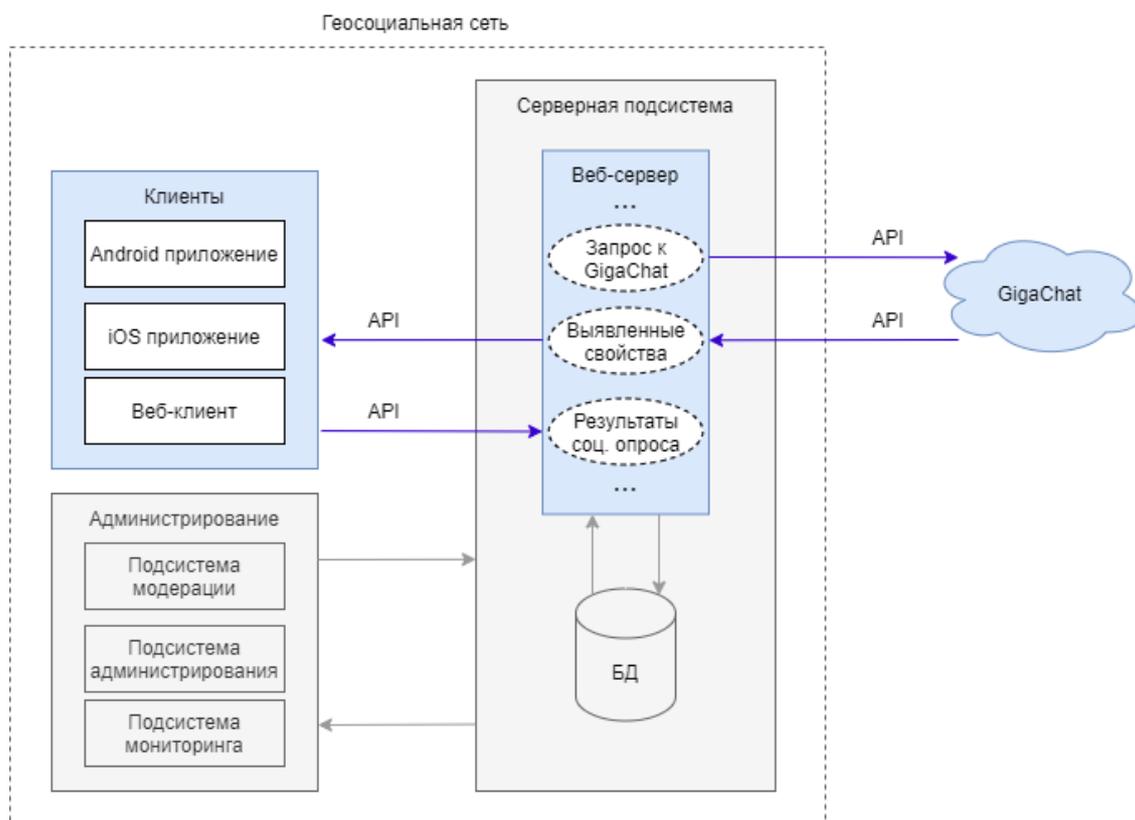


Рисунок 4. Структурная схема метода БЗ

## Выводы

В рамках создания геосоциальной сети разрабатываются механизмы тегирования. Показана возможность применения генеративных моделей для корректного выявления свойств по одному объекту только на основе GPT и данных этого конкретного объекта. Разработан метод выявления скрытых свойств объектов с помощью генеративной модели GigaChat.

## Литература

1. Овсянникова А.С. Добавление объекта в геосоциальной сети «MyTrip» / А.С. Овсянникова, А.Е. Белозеров // Информационные технологии. Проблемы и решения. – 2022. – № 3(20). – С. 81-86.
2. Овсянникова А.С. Места и объекты в геосоциальной сети «MyTrip» / А.С. Овсянникова, А.Е. Белозеров // Информационные технологии. Проблемы и решения. – 2022. – № 4(21). – С. 90-95.
3. Багауова, А.С. Теги в геосоциальной сети / А.С. Багауова, А.Е. Белозеров // Всероссийский научный форум студентов и учащихся – 2022. – С. 268-274.
4. Багауова, А.С. Добавление тегов в геосоциальной сети / А.С. Багауова, А.Е. Белозеров // Информационные технологии. Проблемы и решения. – 2023. –

№ 2 (23). – С. 96-102.

5. Багауова, А.С. Актуализация и удаление тегов в геосоциальной сети / А.С. Багауова, А.Е. Белозеров // Информационные технологии. Проблемы и решения. – 2023. – № 1 (22). – С. 91-95.

УДК 004.75

## **ИНТЕРНЕТ-ТЕХНОЛОГИИ В ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ**

### **INTERNET TECHNOLOGIES IN THE PROCESSING OF EARTH REMOTESENSING DATA**

Вахитов Д.М., Атнабаев А.Ф.,  
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,  
г. Уфа, Российская Федерация  
D.M. Vakhitov, A.F. Atnabaev,  
FSBEI HE «Ufa University of Science and Technology»,  
Ufa, Russian Federation

e-mail: zehiro@yousoro.ru, aaf1981@mail.ru

**Аннотация.** Экспоненциальный рост объема данных наблюдений Земли в режиме реального времени представляет собой серьезную научную проблему с точки зрения извлечения ценной информации из обширного набора данных. Активное развитие интернет-технологий привнесло революцию в область дистанционного зондирования Земли, где постоянно меняющийся ландшафт интернет-технологий перерисовал стандартные методы сбора, хранения, анализа и распространения данных, полученных со спутников, бортовых платформ и наземных датчиков. Сложные алгоритмы обработки спутниковых снимков требуют значительной вычислительной мощности, что облегчается благодаря облачным высокопроизводительным вычислительным кластерам и графическим процессорам (GPU). Такие инновации, как RT-ALDEO, активно использующий обучающие компоненты, значительно повышают эффективность обработки данных в режиме реального времени. Будущее дистанционного зондирования тесно связано с непрерывным развитием интернет-технологий, которые, в свою очередь, открывают новые горизонты для анализа и прогнозирования явлений на Земле. В данной статье рассматривается, как интернет-технологии могут решить эту проблему. Облачные вычисления предоставляют масштабируемые решения для хранения данных, а также возможности обработки по требованию, позволяя исследователям более эффективно получать доступ к данным и анализировать их.

**Annotation.** The exponential growth of real-time Earth observation data presents a major scientific challenge in terms of extracting valuable information from a vast data set. The rapid development of Internet technologies has brought a revolution to the field of Earth remote sensing, where the ever-changing landscape of Internet technologies has redrawn standard methods for collecting, storing, analyzing and disseminating data from satellites, airborne platforms and ground-based sensors. Complex algorithms for processing satellite imagery require significant processing power, which is facilitated by cloud-based high-performance computing clusters and graphics processing units (GPUs). Innovations such as RT-ALDEO, which actively utilizes learning components, significantly improve the efficiency of real-time data processing. The future of remote sensing is closely linked to the continuous development of Internet technologies, which in turn open new horizons for analyzing and predicting phenomena on Earth. This paper discusses how Internet technologies can address this problem. Cloud computing provides scalable data storage solutions as well as on-demand processing capabilities, allowing researchers to access and analyze data more efficiently.

**Ключевые слова:** интернет-технологии, дистанционное зондирование Земли, облачные вычисления, данные, инновация, облачные платформы.

**Keywords:** Internet technologies, remot sensing of the Earth, cloud computing, data, innovation, cloud plat forms.

## **Введение**

В области дистанционного зондирования Земли произошла революция из-за постоянно меняющегося ландшафта интернет-технологий. Новые интернет-технологии изменили способы сбора, хранения, анализа и распространения большого объема данных, полученных со спутников, бортовых платформ и наземных датчиков.

Объем данных, получаемых с помощью дистанционного зондирования Земли, растет в геометрической прогрессии. Современные спутниковые системы, такие как Landsat и Sentinel, ежедневно предоставляют изображения с высоким разрешением, генерируя терабайты данных. Такое увеличение объема данных создает как проблемы, так и возможности для организаций и исследователей. Традиционные методы хранения, извлечения и обработки данных на локальных серверах становятся все более громоздкими и дорогостоящими по мере увеличения объемов данных [4].

Облачные вычисления стали ключевым решением этих проблем. Облачные платформы предоставляют огромные возможности хранения и обработки данных по требованию, позволяя организациям эффективно хранить, получать доступ к большим массивам данных и анализировать их. Такие сервисы, как Google Earth Engine и платформа открытых данных Amazon, предоставляют масштабируемые платные решения, которые упрощают доступ к

данным наблюдения Земли и делают их доступными для более широкого круга пользователей.

Таблица 1. Выделение функциональных возможностей облачных платформ [2]

Облачный сервис	Описание	Выгоды
Поисковая система Google	Хранилище спутниковых снимков, слоев геопространственных данных и научных алгоритмов объемом в петабайт	Доступная платформа для крупномасштабного анализа данных наблюдения Земли
Платформа открытых данных Amazon	Гибкое и масштабируемое облачное хранилище для различных наборов геопространственных данных	Экономически эффективное решение для хранения архивов данных дистанционного зондирования Земли и управления ими
Пространственные сервисы Microsoft Azure	Облачный набор инструментов для управления, визуализации и анализа геопространственных данных	Упрощенные рабочие процессы для интеграции данных наблюдения Земли в приложения пространственной аналитики

Сложные алгоритмы, используемые для обработки спутниковых снимков, часто требуют значительной вычислительной мощности. Облачные высокопроизводительные вычислительные кластеры предоставляют исследователям доступ по запросу к мощным процессорам. Графические процессоры (GPU), которые позволяют выполнять сложные задачи, такие как классификация изображений, обнаружение изменений и анализ временных рядов на больших наборах данных. А, также устраняет необходимость в дорогостоящей высокопроизводительной вычислительной инфраструктуре на месте, делая более доступными передовые методы обработки данных.

Появление веб-платформ интерфейсов прикладного программирования (API) изменило способы обработки и анализа данных наблюдения Земли. Данные платформы предлагают удобные интерфейсы и готовые инструменты для таких задач, как визуализация изображений, извлечение признаков и пространственный анализ, которые облегчают исследователям работу с большими наборами данных и выполнением сложных анализов. Исследователям и неспециалистам использование таких инструментов, не требуют обширных знаний в области программирования, что ускоряет процесс извлечения ценной информации по данным наблюдения Земли.

Итак, интернет-технологии создали среду для совместной работы в области исследований, связанных с наблюдением Земли. Онлайн-платформы позволяют исследователям из разных учреждений и местностей беспрепятственно обмениваться данными [1]. Системы контроля версий, обеспечивают целостность данных, отслеживая изменения в наборах данных, в то время как средства коммуникации, такие как видеоконференции и онлайн-дискуссионные форумы, способствуют совместной работе над проектами в режиме реального времени, ускоряя научный прогресс.

Будущее дистанционного зондирования тесно связано с непрерывным развитием интернет-технологий. Достижения в области анализа больших объемов данных, искусственного интеллекта и машинного обучения раскрывают еще больший потенциал данных наблюдения Земли [3]. По мере дальнейшего роста скорости и пропускной способности Интернета обработка и анализ потоков данных в режиме, близком к реальному, стали реальностью, и эффективно отслеживают экологические события и динамические явления на Земле.

Сегодня радары и лазеры стали незаменимыми инструментами для дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). Научный прогресс открыл новые возможности для изучения планеты из космоса, что привело к широкому внедрению ДЗЗ в различные сферы деятельности человека.

ДЗЗ представляет собой комплекс методов и технологий, направленных на получение информации о Земле и ее окружающей среде с помощью космических аппаратов. Спутниковые снимки, радарные данные и лазерные измерения позволяют ученым и специалистам разных областей получать ценную информацию о состоянии планеты, динамике природных процессов и антропогенном воздействии.

В сельском хозяйстве ДЗЗ используется для мониторинга состояния посевов, оценки влажности почвы, выявления проблемных зон и заболеваний растений, а также для оптимизации системы орошения и планирования сельскохозяйственных работ.

В сфере мониторинга окружающей среды ДЗЗ применяется для отслеживания изменений климата и погодных условий, контроля за лесными массивами и вырубками, изучения ледников и полярных шапок, анализа загрязнения окружающей среды и предупреждения стихийных бедствий.

В картографии и геодезии ДЗЗ используется для создания точных карт и 3D-моделей местности, обновления топографических данных, планирования строительства и инфраструктурных проектов, а также для мониторинга геологических процессов [1].

Помимо этого, ДЗЗ находит применение в поиске полезных ископаемых, контроле за границами и морскими акваториями, планировании городских пространств и археологических исследованиях. Данные ДЗЗ, полученные с помощью современных космических аппаратов, отличаются высокой объективностью и точностью.

Спутниковые снимки позволяют охватить большие территории за короткий промежуток времени, что обеспечивает комплексный мониторинг изучаемых объектов. Регулярная съемка одних и тех же территорий позволяет отслеживать динамику изменений в пространстве и времени. Данные ДЗЗ становятся все более доступными для широкого круга пользователей, что стимулирует развитие научных исследований и практических приложений.

Спутниковые данные с RADARSAT, TerraSAR-X, SRTM, EOSDA, ERS, Sentinel, Landsat и других спутников ДЗЗ помогают фермерам оптимизировать свою работу, повышая эффективность и рентабельность. ДЗЗ стало мощным

инструментом, который помогает лучше понимать планету, решать задачи в различных сферах деятельности человека и прогнозировать изменения в окружающей среде.

С развитием технологий возможности ДЗЗ будут только расширяться, открывая новые горизонты для исследований и практического применения [5].

Разработанное ГК «Роскосмос» мобильное приложение «Цифровая Земля» - высокотехнологичный инструмент работы со спутниковыми снимками Земли. «Цифровая Земля» на базе ОС Android и iOS, предоставляет доступ к обширному архиву и новым поступлениям спутниковых снимков Земли. Приложение представляет собой ценный инструмент как для рядовых пользователей, так и для профессионалов в области дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ).

Функциональные возможности приложения «Цифровая Земля»:

- широкий выбор снимков. Поиск по интересующему региону, дате съемки, типу сенсора и другим параметрам;
- детальная визуализация. Просмотр спутниковых изображений в высоком разрешении (до 70 см) с возможностью масштабирования и применения различных фильтров;
- заказ геоинформационных продуктов. Формирование заказов на обработку и доставку снимков в различных форматах с учетом индивидуальных требований;
- мониторинг изменений. Подписка на уведомления о появлении новых снимков интересующей территории

«Цифровая Земля» – является незаменимым инструментом для специалистов в области ДЗЗ, картографии, землеустройства, сельского хозяйства, лесопользования, научных сотрудников, МЧС и др.

Таблица 2. Преимущества и недостатки приложения «Цифровая Земля» в зондировании Земли

Преимущества	Недостатки
Оперативный доступ к спутниковым снимкам из любой точки мира.	Некоторые функции, такие как заказ продуктов и подписка на уведомления, могут быть доступны только по платной подписке.
Постоянное обновление каталога снимками с новейших спутников.	В приложении могут быть представлены не все типы спутниковых снимков, доступные на рынке.
Данные предоставляются из достоверных источников - ГК «Роскосмос».	Для некоторых пользователей интерфейс приложения может показаться сложным.
Широкий спектр функций для работы со снимками, отвечающий потребностям как любителей, так и профессионалов.	Функционал обработки снимков в приложении может быть ограничен по сравнению с профессиональным ПО.
Понятный интерфейс и удобная навигация.	Для работы приложения требуется постоянное подключение к интернету.
Приложение доступно как для Android, так и для iOS.	На данный момент приложение охватывает не все территории Земли.
Просмотр снимков с высоким разрешением (до 70 см).	Интерфейс приложения доступен только на русском языке.

Необходимо отметить, что интернет-технологии играют важную роль в анализе данных дистанционного зондирования Земли. Масштабируемое хранилище данных и вычислительные мощности по запросу, предоставляемые Интернетом, облегчают исследователям доступ к данным наблюдениям из космоса и их анализ. Поскольку интернет-технологии продолжают развиваться, мы можем ожидать еще более инновационные решения и их применение в дистанционном зондировании Земли, которое приведет к лучшему пониманию нашей планеты и будет способствовать более устойчивому будущему.

Ведь постоянно растущий объем данных зондирования Земли и их оперативный характер создают серьезные проблемы для традиционных методов обработки. Традиционные методы часто не справляются с постоянным потоком информации, что приводит к задержкам в анализе и потенциальной потере важных событий.

Для решения этих задач в качестве решения предложена новая интернет-технология под названием «Активное обучение в режиме реального времени для динамического наблюдения Земли» (RT-ALDEO) [3]. RT-ALDEO использует возможности машинного обучения и подключения к Интернету в режиме реального времени для создания непрерывного цикла обратной связи для обработки данных наблюдения Земли.

В основе RT-ALDEO лежат алгоритмы машинного обучения, которые непрерывно анализируют поступающие данные и корректируют параметры обработки в режиме реального времени. RT-ALDEO более эффективно и точно обрабатывает большие объемы данных, сокращая задержки и повышая точность анализа. Используя скорость и гибкость Интернета, RT-ALDEO может обрабатывать потоки данных в режиме реального времени, обеспечивая своевременный анализ и реагирование на критические события. Этот инновационный подход потенциально революционизировал методы обработки и анализа данных зондирования Земли, и эффективному принятию решений для улучшения результатов в таких областях, как борьба со стихийными бедствиями, климатические исследования и мониторинг окружающей среды.

Модель машинного обучения изначально обучается на основе архивных данных наблюдения Земли, которые были помечены. Модель определяет общие черты и закономерности в данных, такие как лесные пожары, наводнения или изменения в сельскохозяйственном землепользовании.

По мере поступления новых потоков данных со спутников и наземных датчиков через Интернет они передаются в центральный узел обработки в режиме реального времени. Затем обученная модель анализирует поступающие данные для выявления любых потенциальных событий, требующих внимания.

Ключевое новшество RT-ALDEO заключается в активном обучающем компоненте. Когда модель сталкивается с неопределенными данными, она запускает двусторонний процесс обмена данными. Система выбирает наиболее информативные точки данных из входящего потока и отправляет их группе экспертов – людей для маркировки в режиме реального времени.

Метки, предоставленные экспертом, передаются обратно в модель машинного обучения, чтобы она могла активно изучать и совершенствовать свои возможности. Благодаря итеративному процессу, обучения модель постоянно адаптируется к новым шаблонам данных, повышая свою точность с течением времени.

Внедрение технологий активного обучения с обратной связью в режиме реального времени необходимо, так как позволяет модели принимать более эффективные решения в условиях неопределенности данных. Кроме того, дает ценную информацию для разработки более точных и надежных моделей. Многие приложения для зондирования Земли (например, «Цифровая Земля») требуют немедленной информации. Быстрое обнаружение лесных пожаров, извержений вулканов и внезапных наводнений помогает предотвратить гибель людей и свести к минимуму материальный ущерб.

Традиционные методы обработки данных часто связаны с задержками, которые затрудняют своевременно реагировать на возникшие проблемы. Активное обучение в режиме реального времени решает данную проблему, предоставляя анализ критических событий практически в режиме реального времени. Большие объемы данных наблюдения Земли могут создавать проблемы. Активное обучение фокусируется на наиболее важных точках данных, которые могут быть аннотированы человеком, оптимизируя использование экспертных ресурсов и повышая эффективность конвейеров обработки данных.

Непрерывное обучение гарантирует, что модель адаптируется к новым сценариям и шаблонам данных, которое имеет решающее значение для мониторинга динамических процессов на Земле, и могут быстро меняться. Инфраструктура Интернета позволяет легко масштабировать эту технологию для обработки растущих объемов данных наблюдения Земли. Взаимодействие в режиме реального времени дает возможность глобальной сети экспертов совместно работать над совершенствованием модели.

Таким образом, активное обучение на основе динамических потоков данных зондирования Земли является значительным достижением в технологиях обработки данных с использованием Интернета. Этот подход, сочетающий машинное обучение с совместной работой в режиме реального времени, может революционизировать методы мониторинга и понимания постоянно меняющейся системы Земли.

## **Выводы**

В заключении отметим, что быстро развивающаяся область дистанционного зондирования Земли ставит перед учеными серьезную задачу, извлекать ценные сведения из растущего объема данных, поступающих в режиме реального времени. Такая задача привела к разработке инновационных методов обработки данных через Интернет, таких как интегрированное обучение и активное обучение в режиме реального времени. Данные

технологии способствуют совместным исследованиям и упрощают обработку данных, предоставляя исследователям более точные и обобщенные модели. Новые интернет-технологии не только предупреждают сложности земной системы с беспрецедентной точностью, но и потенциально могут принести ощутимую пользу обществу. Методы зондирования Земли с использованием интернет-технологий, от быстрого и эффективного реагирования на стихийные бедствия до оптимизации методов ведения сельского хозяйства для обеспечения продовольственной безопасности населения.

### **Литература**

1. Ахматдинов А.Р. Мониторинг деградированных земель с использованием данных дистанционного зондирования и геоинформационных технологий. В сборнике: Современные проблемы биологии, наук о Земле, спорта и туризма. Сборник статей Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 100-летию Ф.А.Максютова. Уфа, 2023. С.104-106.

2. Писарева О.А. Использование технологий дистанционного зондирования Земли в сельском хозяйстве / О. А. Писарева // Промышленность и сельское хозяйство. – 2022. – № 10(51). – С. 10-13.

3. Рыбак Н.И. Анализ систем дистанционного зондирования Земли при земельном контроле и ведении государственного мониторинга земель. В сборнике: Теоретические и прикладные исследования: достижения, проблемы и перспективы развития. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2021. С. 67-79.

4. Хинич И.И. Технологии дистанционного зондирования Земли при выполнении ученических исследовательских проектов / И.И. Хинич, Д.С. Родионов, В.П. Пронин, И.О. Попова // Физика в школе. – 2022. – № 2. – С. 30.

УДК 004.8

## **РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОГО АССИСТЕНТА КОНСУЛЬТАНТА ERP-СИСТЕМ**

### **DEVELOPMENT OF A DIGITAL ASSISTANT FOR ERP SYSTEMS CONSULTANT**

Гилязетдинова К.З., Попов Д.В.  
ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,  
г. Уфа, Российская Федерация

K.Z. Gilyazetdinova, D.V. Popov  
Ufa state petroleum technological university,  
Ufa, Russian Federation

e-mail: [karina\\_sh00@mail.ru](mailto:karina_sh00@mail.ru)

**Аннотация.** Статья посвящена разработке цифрового ассистента, предназначенного для консультации пользователей ERP-систем. ERP-системы (Enterprise Resource Planning) играют ключевую роль в управлении бизнес-процессами предприятий. Однако, внедрение и использование ERP-систем требует высокой квалификации и знаний со стороны пользователей. В статье рассматривается концепция цифрового ассистента, который будет обеспечивать консультирование пользователей по типовым обращениям тем самым повышая эффективность взаимодействия с системой и уменьшая нагрузку консультантов. В рамках статьи проводится обзор существующих решений по обработке обращений выделяются их преимущества и особенности. Также рассматривается модель бизнес-процесса «как есть» и предлагается решение на демонстрации модели «как будет» и представлена модель нейронной сети, на основе которой разрабатывается программа - seq2seq, состоящая из двух основных блоков: encoder и decoder. Обсуждаются преимущества использования цифрового ассистента, такие как сокращение времени на обучение пользователей, улучшение качества обслуживания клиентов, а также сокращение затрат на поддержку и обслуживание ERP-систем. В итоге, разработка цифрового ассистента консультанта ERP-систем представляет собой перспективное направление, способствующее повышению эффективности работы предприятий и улучшению пользовательского опыта при работе с ERP-системами.

**Abstract.** The article discusses the development of a digital assistant to help users of ERP systems. These systems are essential for managing business processes in enterprises, but their implementation and use require high qualifications and knowledge from users. The article introduces the concept of a digital assistant that can provide advice on common requests, increasing efficiency and reducing the burden on consultants. It provides an overview of existing solutions and highlights their benefits and features. A business process model is considered, and a solution based on a "as-is" model is proposed, along with a neural network model that forms the basis for a seq2seq program. The program consists of two main components: an encoder and a decoder. The benefits of using a digital assistant, such as reduced training time for users, improved customer service quality, and reduced support and maintenance costs for ERP systems, are discussed. This makes the development of a digital assistant for ERP systems a promising area that can contribute to increasing the efficiency of businesses and enhancing the user experience when using ERP systems.

**Ключевые слова:** ERP-система, цифровой ассистент, техническая поддержка, бизнес-процесс, пользователь.

**Keywords:** ERP system, digital assistant, technical support, business process, user.

Современный бизнес стало невозможно представить без использования информационных технологий. Одной из таких ключевых технологий, которая помогает компаниям повысить эффективность своей деятельности, является система управления предприятием (ERP). ERP-системы интегрируют в себе все основные бизнес-процессы компании, автоматизируют их и обеспечивают единый доступ к данным. Предприятия часто сталкиваются с необходимостью обеспечения надежной и эффективной технической поддержки своих ERP-систем. Службы технической поддержки ERP-систем ежедневно получают большое количество однотипных вопросов от бизнес-пользователей, тем самым, консультантам поддержки приходится вручную обрабатывать обращения клиентов. Работа функциональных специалистов состоит из множества рутинных операций: уточнение запроса, получения недостающей информации, проведение объемного анализа в учетных системах, формирование обратной связи. В связи с этим происходит накопление объемов решаемых задач, что приводит к их длительному выполнению.

Разработка модели бизнес-процесса «как есть» с использованием стандарта IDEF0 (рисунок 1) [1].



Рисунок 1. Модель IDEF0 «как есть»

Диаграмма даёт следующее представление о бизнес-процессе:

1. Отдел технической поддержки руководствуется инструкциями руководства и должностными инструкциями. Осуществляет свою деятельность в соответствии с Уставом.

2. Отдел технической поддержки использует человеческие ресурсы и компьютерные технологии в качестве механизма выполнения бизнес-процессов.

3. Отдел технической поддержки в качестве входящего информационного потока получает запросы от инициаторов, неисправное оборудование, нуждающееся в замене или ремонте

4. Отдел технической поддержки в качестве исходящего потока информации имеет обслуженные заявки пользователей.

Для наглядного представления бизнес-процесса процесса обработки обращений технической поддержки ниже представлена диаграмма в нотации ERC (рисунок 2) [1]:

1. Пользователь создает обращение, после чего оно попадает к диспетчерам, которые распределяют заявки по группам

2. Заявка попадает на функционального исполнителя и тот решает ее, предоставляя пользователю необходимую информацию

3. Пользователь проверяет решение заявки и дает обратную связь: либо все хорошо, либо заявку необходимо доработать

4. После одобрения пользователя, заявка закрывается специалистом.

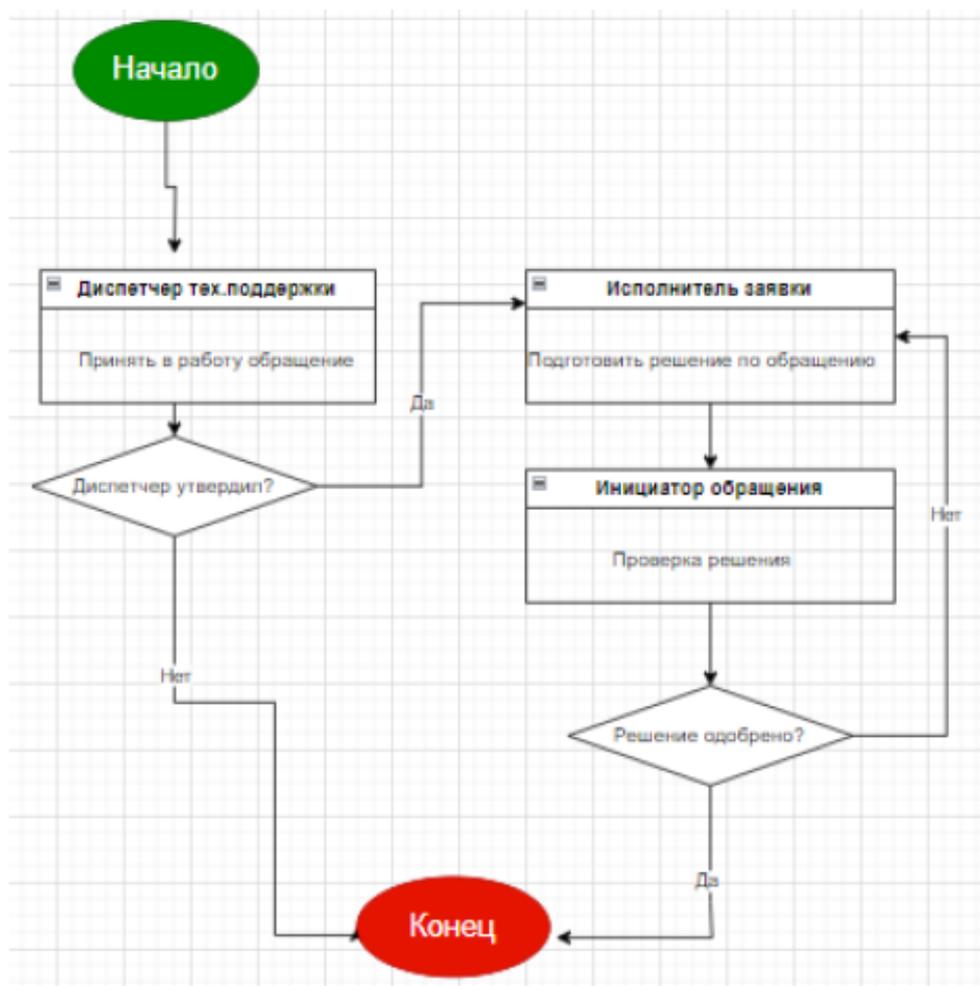


Рисунок 2. Диаграмма в нотации ERC

Из примера схемы бизнес процесса может показаться, что процесс не трудоемкий, но при поступлении большого количества заявок могут возникать трудности, как при оформлении заявки (диспетчеры загружены большим потоком вопросов), так и при решении обращения (количество сотрудников технической поддержки ограничено, а заявок много), в связи с чем время на решение задач у технической поддержки увеличивается пропорционально количеству неудовлетворенных пользователей.

В связи с вышеперечисленным, возникает необходимость в использовании цифрового ассистента, который сможет взять на себя функции ответа на типовые обращения пользователей ERP-систем.

На российском рынке еще нет прямого конкурента разрабатываемого продукта, но имеются смежные и уже внедренные цифровые помощники:

1. Цифровой помощник QUBO. Служба снабжения НЛМК получала большое количество однотипных вопросов от поставщиков, а служба поддержки вручную обрабатывала обращения сотрудников компании. В связи с чем был внедрён «цифровой помощник» на базе диалоговой системы QUBO в корпоративный сайт в формате чат-бота. В программе созданы автоматические диалоговые сценарии для уточнения недостающей информации, исследование проблемы, ответов на вопросы и выполнения действий по разрешению инцидента [3].

2. Сервис по генерации ответов службы поддержки – «Долорес». Специалисты группы Вконтакте разработали собственный сервис, который автоматически генерирует три варианта ответа при поступлении обращения в техническую поддержку. Агент поддержки выбирает наиболее подходящий ответ и направляет инициатору запроса. Если не один ответ не подходит, обращение направляется специалисту поддержки [2].

3. Такие решения, как цифровой ассистент технолога [5], цифровой помощник конструктора [6], виртуальный оператор [7] и пр., направлены на решение конкретных узко специализированных задач, тогда как потенциальными потребителями продукта являются предприятия, использующие ERP-системы.

Ниже представлена сравнительная характеристика конкурентов и разрабатываемого продукта в таблице 1.

Из представленной таблицы видно, что "Цифровой ассистент консультанта ERP-систем" имеет преимущества в интеграции с ERP-системами, функциональности, автоматизации процессов, надежности и безопасности. Эти характеристики делают его более эффективным и удобным для работы с ERP-системами по сравнению с другими аналогичными продуктами.

Таблица 1 – Сравнительная характеристика конкурентов

Характеристика	Цифровой ассистент консультанта ERP-систем	Виртуальный ассистент на базе диалоговой системы QUBO	Цифровой ассистент "Долорес"
Потребители	Компании, использующие ERP-системы и нуждающиеся в технической поддержке	Различные компании и организации в зависимости от интеграции	Различные компании и организации
Интеграция с ERP-системами	В будущем, да	Нет	Нет
Специализация на технической поддержке ERP-систем	Да	Нет	Возможно
Высокая точность и специализированные ответы	Да	Возможно	Возможно
Стоимость	Зависит от конфигурации и масштаба внедрения	Зависит от модели лицензирования	Зависит от модели лицензирования
Технологические решения	Использует передовые технологии ИИ для оптимальной работы и точности данных	Основан на диалоговой системе QUBO, менее инновационный подход	Использует базовые технологии ИИ, ограниченные возможности
Надежность и безопасность	Обеспечивает высокий уровень надежности и безопасности в работе с данными ERP-систем	Обеспечивает безопасность и надежность в обработке информации	Гарантирует безопасность и надежность при выполнении операций
Пользовательский интерфейс	Имеет удобный и интуитивно понятный интерфейс для пользователей ERP-систем	Интерфейс может быть настроен под конкретные требования заказчика	Имеет специализированный интерфейс для конкретной области

Цифровой ассистент консультанта ERP-систем представляет собой программное решение, основанное на искусственном интеллекте и машинном обучении, которое помогает пользователям в решении технических проблем, связанных с функционированием ERP-системы. Основные функции цифрового ассистента включают:

- помощь пользователям в решении технических проблем и ошибок при использовании ERP-системы;
- предоставление инструкций и рекомендаций по настройке и использованию функционала ERP-системы.

В проекте реализован цифровой ассистент на основе искусственного интеллекта, предназначенный для оперативной обработки пользовательских запросов от бизнес-пользователей.

Автоматические диалоговые сценарии для уточнения недостающей информации, исследование проблемы, ответы на вопросы способны обеспечить быстрый ответ пользователю и снизить рутинную нагрузку на консультантов. В случае, если цифровой ассистент не может ответить на вопрос, запрос будет переведен на технического специалиста.

Таким образом, технический специалист сможет более подробно углубиться в сложную задачу от клиента и посвятить решению проблемы не отвлекаясь на типизированные обращения.

Ниже на рисунке 3 представлена схема бизнес-процесса «как будет» [1].

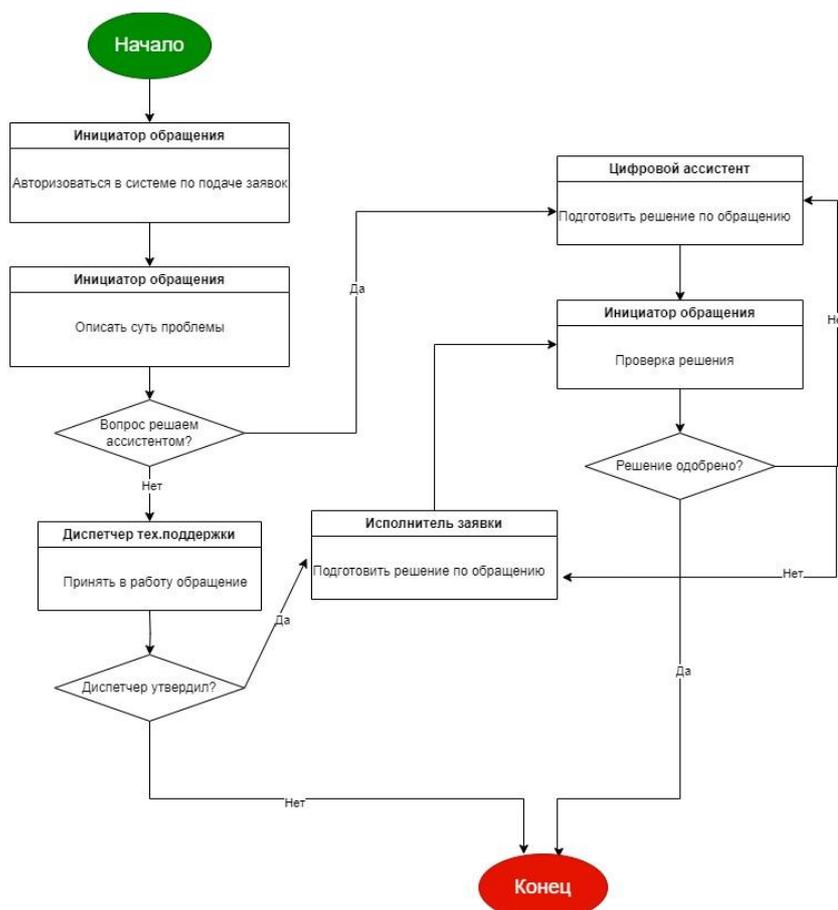


Рисунок 3. Схема бизнес-процесса «как будет»

Пользователь будет заходить в приложение по подаче заявки, авторизоваться. Далее ему будет предоставлено диалоговое окно с цифровым ассистентом, где пользователь укажет суть проблемы. Цифровой ассистент предложит пользователю решение, детально описав, как можно устранить неполадку. В случае, если ассистенту не удастся найти ответ в базе данных, вопрос будет адресован в диспетчерскую и далее направлен сотруднику технической поддержки.

В разработке использована технология Sequence-2-sequence. Seq2Seq (Sequence-to-Sequence) – модель получает на вход некоторую последовательность слов (например, вопрос), анализирует её и, затем, на основе ранее созданного обобщения (после тренировки), преобразует в новую последовательность.

Модель Seq2Seq состоит из двух основных блоков: encoder и decoder. (рисунок 4):

- на ячейки рекуррентной сети encoder подается исходная фраза разбитая по словам: «How are you?»;

- Encoder обрабатывает её и на выходе получает некоторую закодированную последовательность  $z$ ;
- Decoder, помимо информации с выхода encoder-а, получает эталонный ответ на котором обучается: «I am fine»;
- в процессе обучения декодер меняет свои веса таким образом, чтобы при получении исходного вопроса на вход, в идеале, выдать на выход эталонную фразу;
- при обучении фраза обрамляется стартовым с топовым тегом. В данном случае  $\langle \text{BOS} \rangle$  – тег начала и  $\langle \text{EOS} \rangle$  – тег окончания.

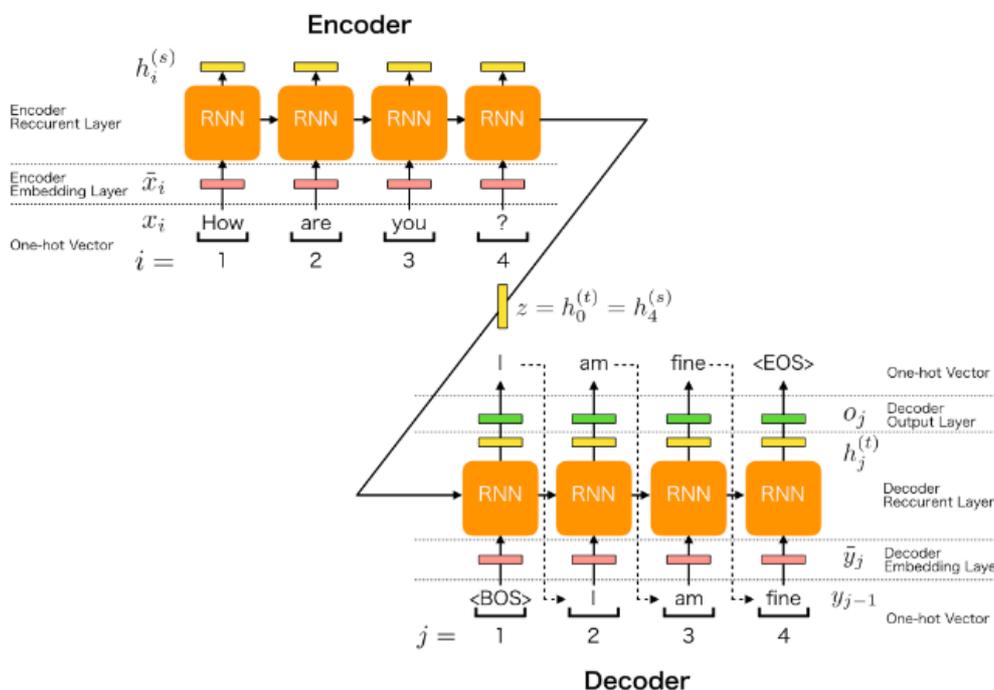


Рисунок 4. Модель Seq2Seq

Для построения модели, которая сможет отвечать на вопросы, условно будут работать две модели: тренировочная и рабочая. Сама нейронная сеть одна и та же. Отличие только в способе использования [4].

## Выводы

Таким образом, цифровой ассистент на основе искусственного интеллекта может стать мощным инструментом для улучшения технической поддержки пользователей ERP-систем. Его применение имеет большие перспективы и может значительно повысить эффективность работы системы поддержки. Важно следовать рекомендациям и тщательно планировать процесс внедрения, чтобы достичь максимального эффекта.

## Литература

1. Кузнецов Г.Е., Панфилов И.А. Проектирование внедрения ERP-системы в торговом предприятии // Академическое издательство «Научная Артель», с. 18-20, 2023.
2. Генерация ответов для поддержки [Электронный ресурс]. – URL: <https://ai-russia.ru/library/vk-gener-answers> (дата обращения: 15.04.2023).
3. «Цифровой ассистент» для обработки обращений [Электронный ресурс]. – URL: <https://ai-russia.ru/library/nlmk-assistant> (дата обращения: 15.04.2023).
4. Простой чат-бот на нейронной сети. Keras/ [Электронный ресурс] – URL: <https://bizkit.ru/2020/02/14/16659/> (дата обращения: 16.04.2023).
5. Цифровой ассистент технолога 1.0 / Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ / О.А. Горлицына, Д.В. Попов, Э.Д. Шакирьянов, Н.В. Чиганова, Р.Р. Ахметвалеев. –№2023612343; опубл. 01.02.2023.
6. Коннова-Горлицына Д.С., Гимаев Р.А., Попов Д.В., Горлицына О.А., Коннов Я.А. Разработка цифрового помощника конструктора на примере производства блочно-модульных конструкций для нефтегазовых месторождений // Современные наукоемкие технологии. – 2024. – № 4. – С. 28-32 [Электронный ресурс] – URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=39969> DOI: 10.17513/snt.39969 (дата обращения: 27.04.2024).
7. Tuchkov M.Yu., Povarov P.V., Tikhunov A.I., Padun S.P., Popov D.V. Engineering the Functions and Performance Requirements for the “Virtual Operator” Functional Group Control Digital System / AIP Conference Proceedings. Melville, New York, United States of America, 2021. С. 50020.

УДК 004.41

## МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНОЙ ДОСКИ

### INTERACTIVEMOBILEAPPLICATION

Головина Е.Ю., Абсальямова А.А.,  
 Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате,  
 ул. Губкина, 22 б, г. Салават, Республика Башкортостан, Россия, 453250  
 E.Y. Golovina, A.A. Absalyamova,  
 Institute of Oil Refining and Petrochemistry FSBEI HE USPTU in Salavat, Gubkin  
 Str., 22b, Salavat, Republic of Bashkortostan, 453250, Russia

e-mail: avgustinaabsalymova@icloud.com

**Аннотация.** Рынок интерактивных досок значительно растет. Этот инструмент широко применяется при взаимодействии преподавателей с учениками и совместной работы профессионалов на рабочем месте. Он обеспечивает быстрое и интуитивно понятное аннотирование, одновременный доступ нескольких устройств к единой виртуальной доске. Объем рынка интерактивных досок объясняется ростом удаленной работы и обучения в мире. В этой области существует множество исследований и опросов. Статистические данные CRM системы Inclient об удаленной работе в мире показывают, что с 2005 года число сотрудников, работающих из дома выросло на 159%. Интерактивные доски представлены в виде облачных решений для компьютера и мобильных устройств. Мобильные версии позволяют пользователям иметь доступ к интерактивным доскам в любое время. Это особенно важно в условиях удаленной работы и дистанционного обучения. Мобильные устройства являются эффективным инструментом для решения широкого спектра технических задач. Они обеспечивают мобильность, легкость использования, удобство и широкий функционал. Мобильные устройства предоставляют доступ к информации, возможность для работы с различными приложениями, сбор и анализ данных, а также упрощение и оптимизацию процессов в технической сфере. В связи с этим, они становятся незаменимым инструментом для профессионалов в области техники.

**Abstract.** The interactive whiteboard market is growing significantly. This tool is widely used when teachers interact with students and professionals work together in the workplace. It provides fast and intuitive annotation, simultaneous access of multiple devices to a single virtual whiteboard. The volume of the interactive whiteboard market is explained by the growth of remote work and learning in the world. There are many studies and surveys in this area. The statistics of the Inclient CRM system on remote work in the world show that since 2005 the number of employees working from home has increased by 159%. Interactive whiteboards are presented in the form of cloud solutions for computers and mobile devices. The mobile versions allow users to have access to interactive whiteboards at any time. This is especially important in the context of remote work and distance learning. Mobile devices are an effective tool for solving a wide range of technical tasks. They provide mobility, ease of use, convenience and wide functionality. Mobile devices provide access to information, the ability to work with various applications, data collection and analysis, as well as simplification and optimization of processes in the technical field. In this regard, they become an indispensable tool for professionals in the field of technology.

**Ключевые слова:** интерактивная доска, мобильное приложение, планирование, общий доступ, режим реального времени.

**Keywords:** interactive whiteboard, mobile application, planning, sharing, real-time mode.

Интерактивная доска – это эффективный универсальный цифровой инструмент, предоставляющий функциональные возможности физической доски в виртуальном пространстве. Она используется для объяснения концепции, визуализации идей, мозгового штурма, представления информации и принятия коллегиальных решений. Применение интерактивной доски особенно важно при удаленной учебе и работе [1]. Преимущество данного инструмента заключается в способности поддерживать сотрудничество и коммуникацию в режиме реального времени между участниками, независимо от их географического расположения. Развитие технологий, рост удаленной работы и виртуальных встреч привели к массовому распространению онлайн-досок.

Существует множество доступных платформ и приложений с функциональными возможностями интерактивной доски, начиная от базовых бесплатных опций и заканчивая продвинутыми решениями корпоративного уровня, предлагающими широкий спектр функций, включая совместное использование экрана, документов, виртуальных фонов, прямую трансляцию и многое другое. Эти программные решения направлены на планирование, совместную работу и визуализацию процессов.

Одним из решений общей доски является «канбан-доска», представляющая собой инструмент для управления рабочим процессом на индивидуальном и командном уровнях. Она позволяет визуализировать этапы работы, отображая исполнителей и сроки поставленных задач. Однако, такое решение предназначено для разбиения проекта на задачи и не подходит для обсуждения предстоящей работы и способов решения, а также ограничено функциональными возможностями: отсутствуют возможности создания схем, таблиц и рисунков.

К существующим решениям визуализации также относится белая доска Microsoft Whiteboard. Данное приложение является инструментом для записи идей и концепций на виртуальной доске [2]. Основные функциональные возможности Microsoft Whiteboard заключаются в визуализации и хранении информации. Существенным недостатком приложения является привязанность к среде проведения собрания: использовать доску удобно только в случае авторизации аккаунта Microsoft, осуществляя общение именно там, посредством звонка или мессенджера.

В настоящее время существующие решения интерактивной доски пользуются спросом, но имеют свои недостатки, поэтому было принято решение разработать мобильное приложение, позволяющее визуализировать информацию для всех участников собрания в режиме реального времени. Функциональные возможности такого решения позволят сократить время на принятие коллегиальных решений, обеспечив одновременный доступ нескольких устройств к единой доске.

Мобильное приложение было реализовано при помощи среды AndroidStudio на языке программирования Java, с использованием базы данных Firebase [3]. Возможности приложения: авторизация и регистрация через номер

телефона и подтверждения сообщения (смс-код), добавление изображения пользователя (рисунок 1).

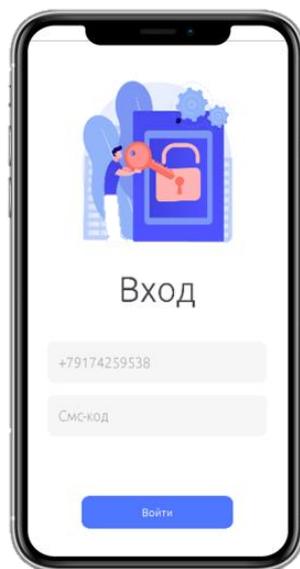


Рисунок 1. Интерфейс авторизации мобильного приложения

Разработанное приложение имеет возможность добавления досок для каждого пользователя, в которых можно рисовать ручкой, писать текст и стирать изображения (рисунок 2).

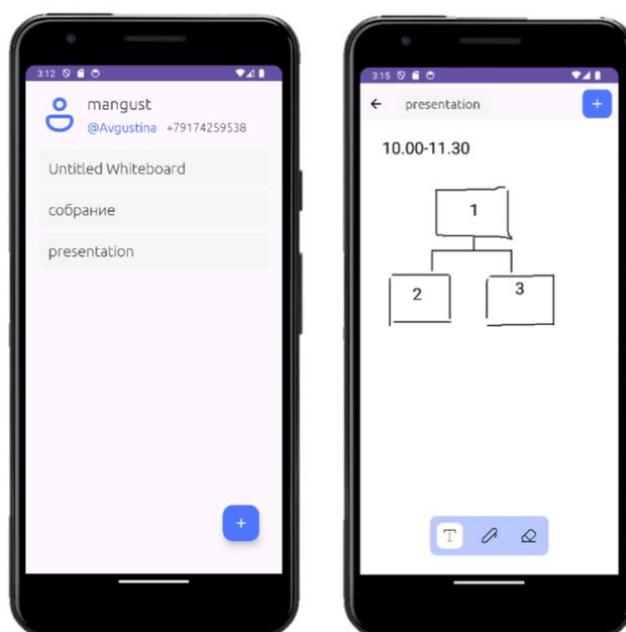


Рисунок 2. Интерфейс главного меню и доски пользователя

Помимо перечисленного, пользователь может добавлять участников в каждую доску (рисунок 3).

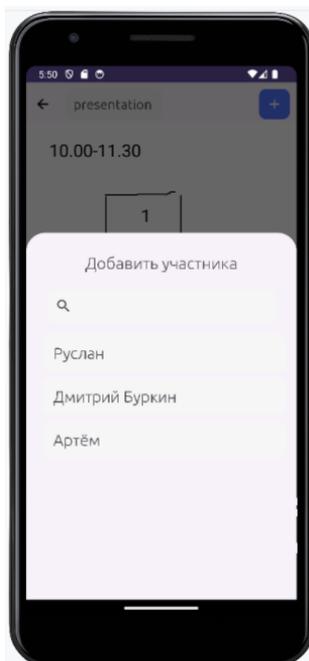


Рисунок 3. Интерфейс добавления участника в доску

Пользователи, зарегистрированные в мобильном приложении, могут быть добавлены в доску в роли участника, рисовать и писать в ней текст. При вопросах, пользователь может выделить непонятную часть схемы ручкой другого цвета (палитра представлена в виде четырех цветов: черный, красный, синий, зеленый).

## Выводы

Использование мобильного приложения интерактивной доски позволит сократить время на поиск решения для визуализации информации всем участникам во время собрания в режиме реального времени.

## Литература

1. Давлетшина В.В. Современные технологии интерактивных досок // Наука, техника и образование. 2018. №1 (42) (дата обращения: 15.04.2024).
2. Общая доска Microsoft // – URL: [Whiteboardhttps://whiteboard.office.com/](https://whiteboard.office.com/) (дата обращения: 15.04.2024).
3. Федотов В.А. Разработка мобильного приложения на платформе Android // Форум молодых ученых. 2020. №8 (48) (дата обращения: 16.04.2024).

УДК 004.67

**РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА ФОРМИРОВАНИЯ  
И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ АНАЛИТИЧЕСКОЙ ОТЧЁТНОСТИ  
ЦЕНТРА ХИМИЧЕСКОЙ ПОДДЕРЖКИ АЭС НА ОСНОВЕ BI**

**DEVELOPMENT OF A TOOL FOR THE FORMATION AND  
PRESENTATION OF ANALYTICAL REPORTS OF THE NUCLEAR  
POWER PLANT CHEMICAL SUPPORT CENTER BASED ON BI**

Грогуленко Т.А., Буйлов П.В.,  
ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет  
имени В.И. Ленина», г. Иваново, Российская Федерация  
Т.А. Grogulenko, P.V. Builov,  
FSBEI HE «Ivanovo State Power Engineering University  
named after V.I. Lenin», Ivanovo, Russian Federation

e-mail:[tanyagrogulenko1@gmail.com](mailto:tanyagrogulenko1@gmail.com)

**Аннотация.** Электроэнергия играет огромную роль в современном мире и имеет множество важных функций. Она является основным источником энергии для различных секторов экономики, таких как промышленность, транспорт, информационные технологии, здравоохранение и многие другие. Атомные электростанции (АЭС) занимают особое место в производстве электричества. Они используют ядерную энергию, получаемую путем распада радиоактивных атомов, чтобы создавать тепло, которое затем превращается в электричество. Однако, АЭС также сопряжены с некоторыми проблемами и опасностями, такими как возможность ядерного аварийного выброса и проблемы с утилизацией радиоактивных отходов. Поэтому важно обеспечить безопасность функционирования станций, для этого создаются различные ИС с применением современных технологий, помогающие человеку отслеживать процессы, протекающие в производственном цикле

Качество воды, применяемой на АЭС в качестве теплоносителя и хладагента является важным фактором, влияющим на эффективность и безопасность работы станции. Водно-химический режим представляет собой совокупность химических характеристик воды. На данный момент основной проблемой ведения ВХР на станциях АО «Концерн Росэнергоатом» является низкая скорость принятия решений вследствие хранения информации о ВХР в локальных базах, а также отсутствия доступных форм представления информации.

Для решения выявленной проблемы создан инструмент, позволяющий консолидировать и анализировать информацию о ВХР всех атомных станций России в едином хранилище и предоставлять результаты в доступной визуальной форме. В качестве основной формы представления информации

выбраны интерактивные графики, гистограммы и линейчатые диаграммы, собранные в единую визуальную панель. Выбранная форма представления упрощает восприятие больших объёмов данных и позволяет своевременно принимать обоснованные решения.

**Abstract.** Electricity plays a huge role in the modern world. It is the main source of energy. Nuclear power plants (NPP) occupy a special place in the production of electricity. They use nuclear energy produced by the decay of radioactive atoms to create heat, converted into electricity. However, NPP are also associated with some problems and dangers, such as the possibility of a nuclear emergency release. Therefore, it is important to ensure the safety of the operation of the stations, for this purpose various information system are being created using modern technologies that help people track the processes occurring in the production cycle

The quality of water used at NPP as a coolant and refrigerant is an important factor affecting the efficiency and safety of the plant. The water-chemical regime is a set of chemical characteristics of water. Now, the main problem of conducting WCR in the Rosenergoatom Concern is the low speed of decision-making due to the storage of information about WCR in local databases and the lack of available forms of information presentation.

To solve this problem, a tool has been created that allows consolidating and analyzing information about the WCR of all Russian NPP in a single repository and providing the results in an accessible visual form. Interactive graphs, histograms and bar charts assembled into a dashboard are chosen as the main form of information presentation. This form simplifies the perception of large amounts of data and allows you to make informed decisions in a timely manner.

**Ключевые слова:** Атомная электростанция, водно-химический режим, система поддержки принятия решения, визуализация, аналитика данных.

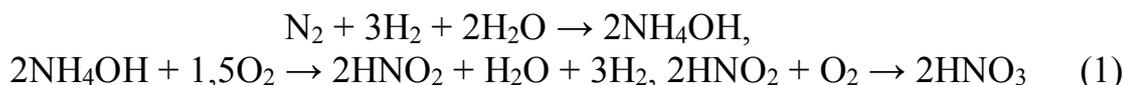
**Keywords:** Nuclear power plant, water-chemical regime, decision support system, visualization, data analytics.

Устранение проблемы несвоевременности принятия решений по вопросам ведения водно-химического режима является одной из приоритетных задач в АО «Концерн Росэнергоатом». Согласно п.1.2.2 Приказа Ростехнадзора от 03.10.2018 N 486: «Безопасность АС достигается за счет качественного проектирования, конструирования и изготовления оборудования, размещения, сооружения и эксплуатации АС посредством соблюдения требований федеральных законов, федеральных норм и правил в области использования атомной энергии, формирования и поддержания культуры безопасности, учета опыта эксплуатации и современного уровня развития науки, техники и производства».

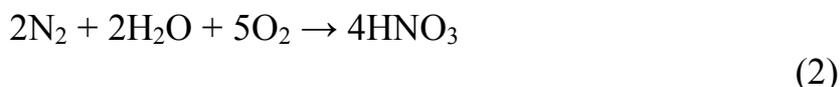
Несвоевременная корректировка концентрации примесей воды, приводит к износу оборудования и, как следствие, аварийным ситуациям.

Рассмотрим цепочку реакций для кислорода. При отсутствии кислорода (радиолиз воды подавлен), присутствие азота в воде первого контура приводит к образованию аммиака, поскольку водород всегда присутствует вследствие радиолиза воды и химических добавок.

Процесс взаимодействия азота с радиолитическими газами под действием ионизирующего излучения, при наличии в воде кислорода, можно представить в виде цепочки (1).

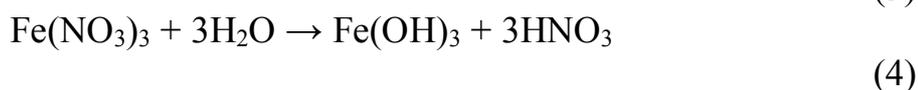
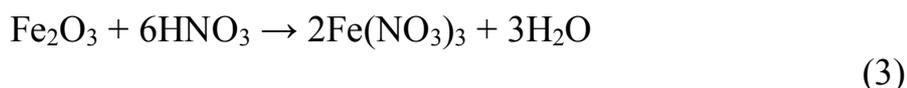


При больших поглощенных дозах излучения процесс идет до образования конечного продукта, поэтому он записывается в виде одной реакции (2).



Образовавшаяся азотная кислота увеличивает скорость коррозии и ускоряет накопление отложений на поверхности ТВЭЛов, а также снижает pH.

Продукты коррозии частично взаимодействуют с азотной кислотой с образованием  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$  – нитратов (3), которые гидролизуются по реакции (4)



Образующаяся гидроксид железа (промежуточное соединение при ржавлении) может откладываться на внутренней поверхности оборудования.

Скорость роста этих отложений пропорциональна концентрации железа в воде (аналогичное соотношение справедливо и для других химических элементов [7, 10]), следовательно, необходимо корректировать возникающие отклонения значений показателей от нормы своевременно, не допускать роста концентрации примесей в воде и избегать длительного состояния объекта управления вне диапазона нормальных значений.

В настоящее время информационные системы АЭС Концерна осуществляют самостоятельный сбор данных в локальные БД, из которых производится выгрузка файлов в формате \*.dbf. Файл выгрузки загружается в приложение, разработанное на базе MS. Кроме хранения данных, приложение позволяет формировать автоматические стандартные отчеты, протоколы. Также предусмотрена выгрузка отдельных параметров в EXCEL с целью проведения необходимых расчётов и построения графиков. На основании представленной

отчётности лицу, принимающему решения, предоставляет информацию в центральный аппарат о требующихся изменениях в ведении ВХР. На рисунке 1 представлена модель текущего процесса ведения ВХР.

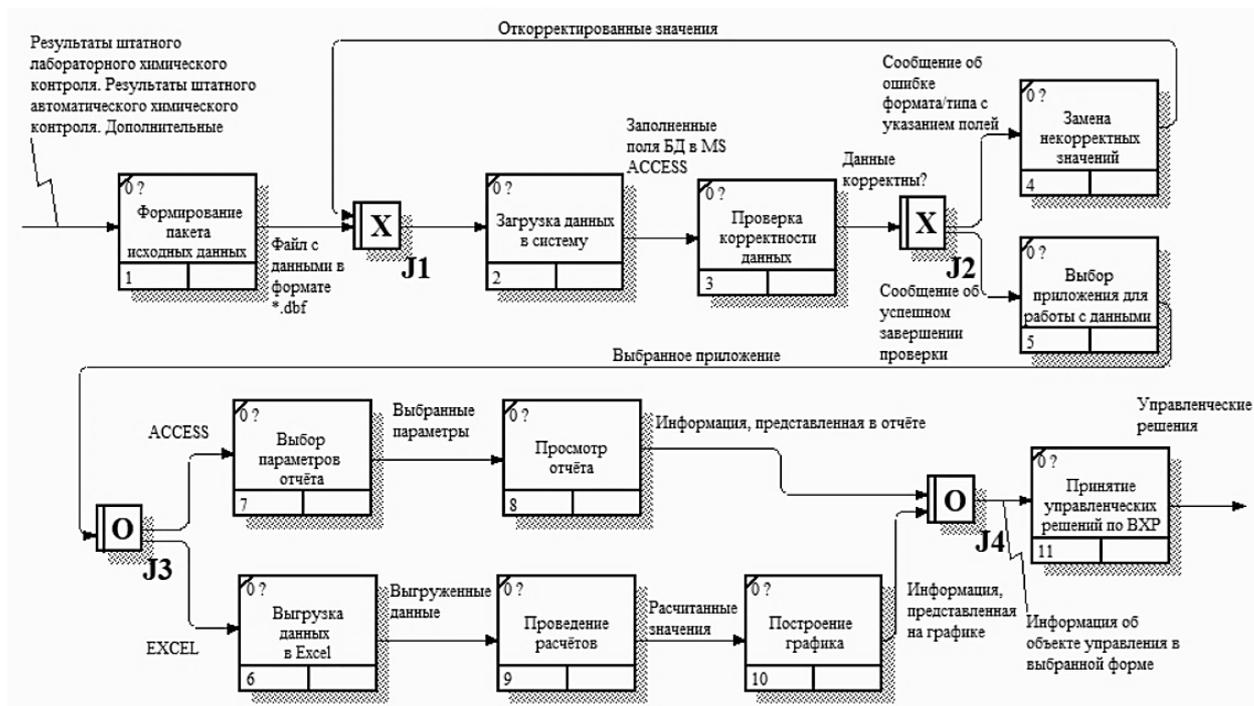


Рисунок 1. Процесс ведения ВХР в нотации IDEF3

Объем исходной информации, порядок передачи данных определяется Положением РД ЭО 0207-00 "О порядке передачи атомными станциями данных по ведению водно-химического режима" [9].

Основной формой отображения данных о состоянии объекта управления является таблица, наборы значений показателей качества со станций формируются по шаблону (рисунок 2).

Месяц года	Вода КМПЦ			Питательная вода		Вода контура охлаждения СУЗ	
	X, МкСм/см	Cl, мкг/ дм <sup>3</sup>	Si, мкг/ дм <sup>3</sup>	X, МкСм/см	O <sub>2</sub> , мкг/ дм <sup>3</sup>	pH	Cl, мкг/ дм <sup>3</sup>
Норма							

Рисунок 2. Шаблон таблицы значений параметров качества воды

В примечании к таблице, приведенной на рисунке 2, указываются результаты дополнительного диагностического химического контроля при отклонениях нормируемых показателей.

Согласно исследованиям в области когнитивной психологии, табличная и текстовая форма представления информации не является оптимальной и затрудняет процесс восприятия и дальнейшего принятия решений. Изучение литературы позволило выявить особенности восприятия информации:

1. На 80% возрастает желание прочесть материал, если он снабжен цветными картинками [2];

2. На 323% лучше выполняют задание респонденты, действующие по инструкции с картинками и текстом [4];
3. Люди помнят 10% услышанного, 20% прочитанного, и 80% увиденного [3];
4. В 60000 раз быстрее воспринимается визуальная информация по сравнению с текстовой [1].

Исходя из перечисленных исследований, можно сделать вывод, что для повышения скорости восприятия информации следует минимизировать количество текста и таблиц и изменить форму представления большей части информации об объекте управления на графическую.

Выбор формы представления зависит от предметной области, формата данных и цели визуализации. На основе книги “Говори на языке диаграмм” Джина Желязны [6] и описания данных процесса ВХР (таблица 1) формируются требования к типам графических форм представления.

Таблица 1. Данные процесса ВХР

Наименование	Тип
Наименование показателей качества объекта управления	Дискретные
Значения показателей качества объекта управления	Непрерывные временные
Значения нормы показателей качества	Дискретные
Координаты станции	Географические
Наименование станции	Дискретные
Тип энергоблока	Дискретные
Режим работы энергоблока	Дискретные

Для принятия решений по ведению ВХР лицу, принимающему решения необходима информация о динамике значений показателей качества, сводная информация по станциям и энергоблокам с целью выявления тенденций значений в зависимости от текущего ВХР и географического положения. Кроме того, для отслеживания общей ситуации по станциям Концерна проводится сравнительный анализ.

Исходя из перечисленных потребностей и сопоставления таблицы 2 с книгой [6], можно сделать вывод, что наиболее подходящей формой представления будет интерактивный дашборд, включающий в себя наборы визуализаций в виде линейных диаграмм, отображающих динамику показателей качества объекта управления, колонок и гистограмм для отображения результатов сравнительного анализа количества отклонений от нормы на станциях или энергоблоках. Возможно использование карты, показывающей географическое расположение АЭС Концерна.

Современный рынок IT предлагает большой набор типовых проектных решений (ТПР), на основе которых может быть спроектирована собственная система. Исходя из функциональных (требования к доступным визуализациям), нефункциональных (требования по совместимости ТПР и информационного контура Концерна (ОС – AstraLinux SE)) и рыночных требований (российское ТПР, входит в реестр отечественного ПО), выбрана VI-система Яндекс DataLens [5]. Она обладает рядом преимуществ: не имеет ограничений по

количеству пользователей и объёму хранимых данных; имеет высокий класс защищенности данных; открытый код и полный доступ к документации на систему, что позволяет проще и быстрее интегрировать её с информационной средой организации; бесплатный доступ, не требующий обязательной дополнительной покупки компонентов; простота интеграции с источниками данных, в качестве которых в разработанной системе выступает единая база данных, спроектированная на основе российской СУБД PostgresPRO. На рисунке 3 представлена модель системы с указанием используемого ПО и протоколов взаимодействия.

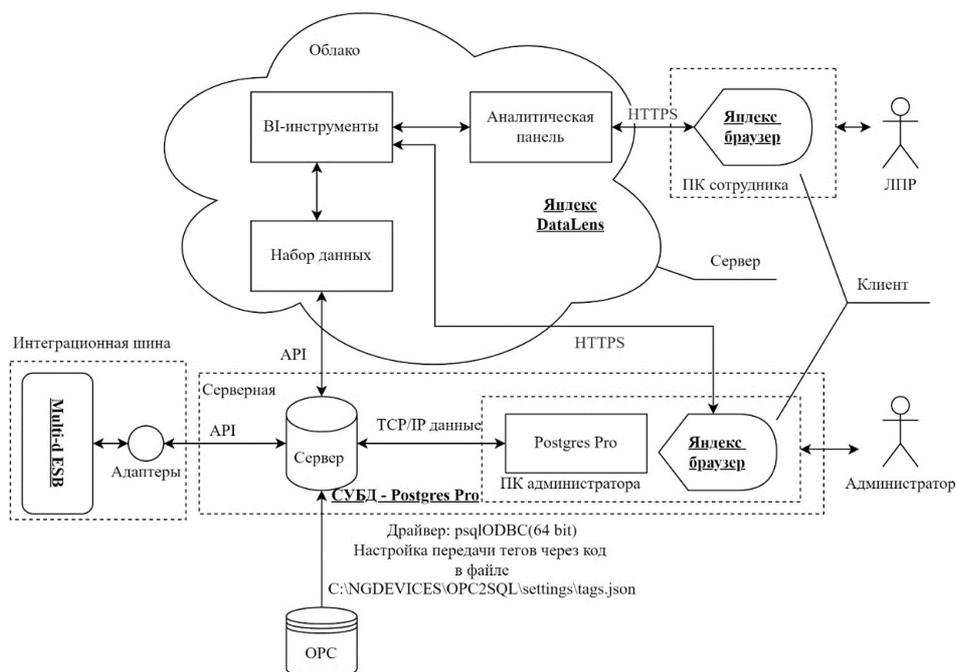


Рисунок 3. Модель системы поддержки принятия решений по ведению ВХР

На рисунках 4 – 6 представлены примеры визуализаций, созданных для поддержки принятия решений по ведению ВХР.

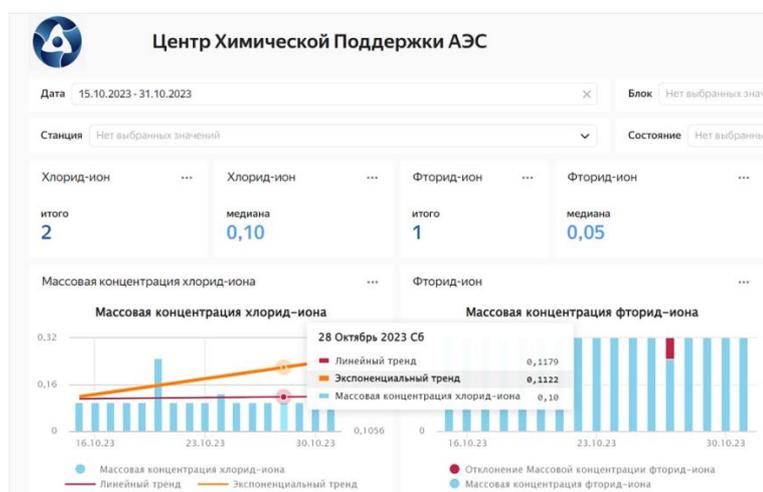


Рисунок 4. Часть аналитической панели ЦХП

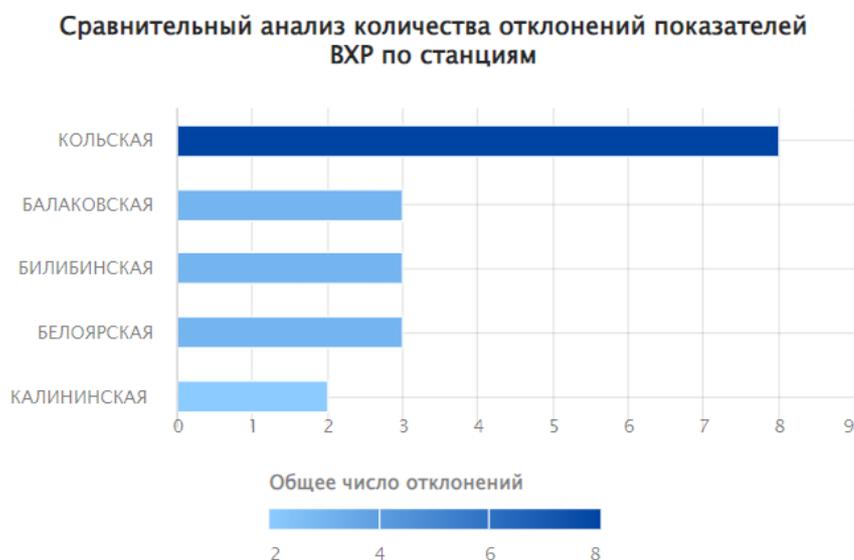


Рисунок 5. Пример визуализации сравнительного анализа количества отклонений

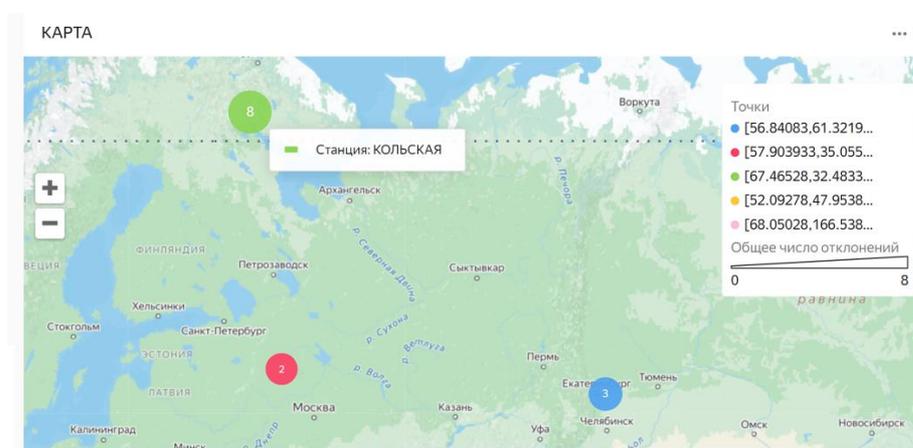


Рисунок 6. Карта с расположением АЭС

## Выводы

В ходе исследования были сделаны выводы о важности информационной поддержки процесса ведения ВХР. Правильный сбор и представление данных об объекте управления очень важны при принятии решений. С помощью визуализации можно быстро определить тенденции и закономерности в данных, которые могут быть незаметны при обычном просмотре таблиц или графиков. Это может помочь выбрать наиболее подходящее решение или обнаружить новые возможности. Кроме того, визуализация может улучшить коммуникацию между различными участниками процесса принятия решений, делая информацию более доступной для всех заинтересованных сторон. Аналитическая панель – один из самых популярных способов представления информации об объекте управления. Представление данных химического

контроля в форме дашборда способствует повышению своевременности и точности принимаемых решений по вопросам ведения ВХР.

## Литература

1. Athuraliya A. The Ultimate List of Visual Teaching Strategies. [Электронный ресурс] URL: <https://creately.com/blog/education/visual-teaching-strategies/> (дата обращения: 13.04.2024).
2. Green, R. (1989). The Persuasive Properties of Color The Persuasive Properties of Color [Электронный ресурс] URL: <https://www.office.xerox.com/latest/COLFS-02UA.PDF> (дата обращения: 13.04.2024).
3. Lester, P. M. (2006). Syntactic Theory of Visual Communication [Электронный ресурс] URL: <http://paulmartinlester.info/writings/viscomtheory.html> (дата обращения: 13.04.2024).
4. Levie, W. J. & Lentz, R. (1982). Effects of text illustrations: A review of research, Educational Communication and Technology) [Электронный ресурс] URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF02765184> (дата обращения: 13.04.2024).
5. Yandex DataLens – бесплатная BI-система. [Электронный ресурс] URL: <https://datalens.yandex.ru/> (дата обращения: 13.04.2024).
6. Желязны, Дж. Говори на языке диаграмм. Пособие по визуальным коммуникациям: пер. с англ. / Дж. Желязны. – М: «Манн, Иванов и Фербер», 2016. – 304 с.
7. Верховская Н.В. Водоподготовка и очистка воды: Учебное пособие. Киров, 2009 – 102 с.
8. Приказ Ростехнадзора от 03.10.2018 N 486 Об утверждении руководства по безопасности при использовании атомной энергии "Комментарии к федеральным нормам и правилам "Общие положения обеспечения безопасности атомных станций" (нп-001-15)".
9. РД ЭО 0207-00 "О порядке передачи атомными станциями данных по ведению водно-химического режима": [док. внутреннего пользования] / АО «Концерн Росэнергоатом». Тайлашева Т.С. Обработка воды на АЭС. [Электронный ресурс] URL: [https://portal.tpu.ru/SHARED/t/TAYLASHEVA/academic/Tab2/LK\\_11-14.pdf](https://portal.tpu.ru/SHARED/t/TAYLASHEVA/academic/Tab2/LK_11-14.pdf) (дата обращения: 13.04.2024).

УДК 004.9

**ВИРТУАЛЬНЫЙ ТРЕНАЖЕР ПО ИЗУЧЕНИЮ АНГЛОЯЗЫЧНЫХ  
НЕФТЕГАЗОВЫХ ТЕРМИНОВ****VIRTUAL SIMULATOR FOR STUDYING ENGLISH OIL AND GAS TERMS**

Жаринов Ю.А., Ибатуллин М.Ф.,

Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате,  
ул. Губкина, 22 б, г. Салават, Республика Башкортостан, Россия, 453250

Y.A. Zharinov, M.F. Ibatullin,

Institute of Oil Refining and Petrochemistry FSBEI HE USPTU in Salavat, Gubkin  
Str., 22b, Salavat, Republic of Bashkortostan, 453250, Russia

e-mail: ibatullinevil@gmail.com

**Аннотация.** В наше время виртуальная реальность (VR) становится все более актуальной и востребованной технологией, находя применение в различных сферах жизни человека. Одной из таких областей являются образование и тренинги, где использование VR может значительно повысить эффективность обучения и совершенствовать приобретение специальных знаний. Виртуальная реальность позволяет создавать среду, в которой обучаемые могут приобретать и развивать практические навыки. Разработка виртуальных тренажеров для обучения нефтегазовым терминам на английском языке представляет собой одно из направлений, в которых применение VR может быть особенно полезным. Это позволяет создать интерактивные сценарии, где студенты могут погружаться в виртуальную среду нефтегазовой отрасли, осваивать терминологии на английском языке и улучшать свои навыки в решении задач, связанных с этой сферой. В данной статье рассматриваются потенциал виртуальной реальности в образовании, особенности ее применения для создания обучающих программ и тренажеров, а также конкретная технология разработки виртуального тренажера по изучению нефтегазовых терминов на английском языке. Особую значимость имеют преимущества данного подхода, а также возможности его дальнейшего развития и применения.

**Abstract.** Nowadays, virtual reality (VR) is becoming an increasingly relevant and in-demand technology, finding application in various areas of human life. One of these areas is education and training, where the use of VR can significantly increase learning efficiency and improve acquiring specific knowledge. Virtual reality allows learners to create an environment in which they can acquire and develop their practical skills. The development of virtual simulators for teaching oil and gas terms in English is one of the areas in which the use of VR can be particularly useful. This allows students to create their interactive scenarios where they can immerse

themselves in the virtual environment of the oil and gas industry, master terminologies in English and improve their skills in solving problems related to this area. This article examines the potential of virtual reality in education, the features of its use for creating training programs and simulators, as well as a specific technology for developing a virtual simulator for studying oil and gas terms in English. The advantages of this approach are of particular importance, as well as the possibilities for its further development and application.

**Ключевые слова:** виртуальный тренажёр, обучение студентов, проверка, виртуальная реальность, термины.

**Keywords:** virtual simulator, student training, testing, virtual reality, terms.

Обучение студентов английскому языку с использованием технологий виртуальной реальности (VR) предоставляет уникальные возможности для эффективного и захватывающего образовательного процесса [1]. Одно из преимуществ использования VR в обучении английскому языку это возможность практики разговорной речи. Виртуальные сценарии могут включать в себя ситуации общения, такие как поездки в англоговорящую страну, общение в ресторане или ситуации на работе. Это позволяет студентам тренировать навыки разговорной речи в практических условиях.

Согласно данным исследования [2], ожидается, что рынок виртуальной реальности в сфере образования вырастет с 25,85 млрд долларов США в 2024 году до 67,02 млрд долларов США к 2029 году, при среднегодовом темпе роста 21% в течение прогнозируемого периода (2024-2029 гг.) (рисунок 1). За последние несколько лет технология VR получила широкое признание и внедрение. Недавние технологические достижения в этой области открыли новые предприятия и начали внедрять передовой опыт обучения в крупных университетах, колледжах и школах. VR технологии предоставляет сверхвозможности в обучении, а также облегчают доступ к образованию [3].

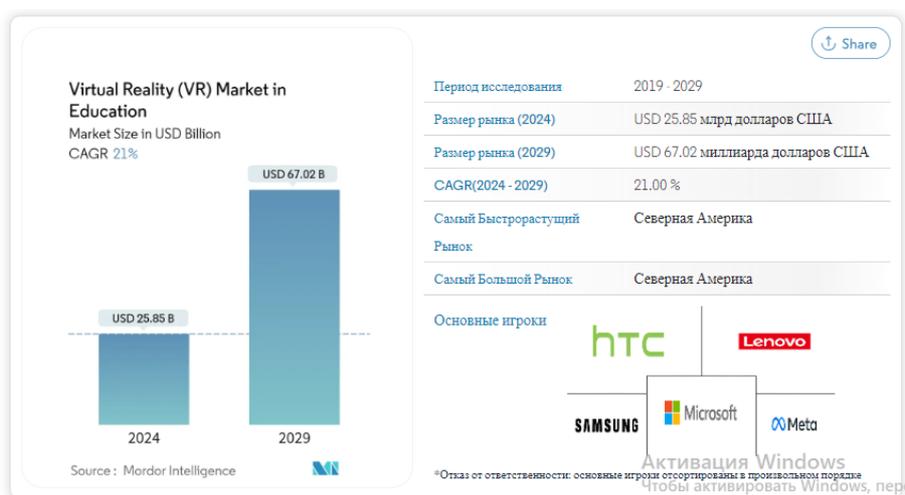


Рисунок 1. Темп прироста рынка VR-технологий в образовании

Разработка виртуального тренажёра по обучению англоязычным нефтегазовым терминам является актуальной задачей в контексте усовершенствования учебного процесса.

С помощью тренажёра можно повысить внимание и интерес студентов к изучению английского языка, что поможет студентам усвоить специализированную лексику в нефтегазовой отрасли и в дальнейшем использовать термины в своей коммуникации на английском языке.

Виртуальный тренажёр был реализован при помощи движка UnrealEngine на языке программирования Blueprint.

Создана 3D модель битумной установки, которая включает в себя следующие модели: водокольцевой вакуумный насос, труба, задвижка клиновья, циркуляционный насос, клапан запорный, центробежный насос, многоступенчатый насос, газоочистная колонна, теплообменник, колонна ректификационная, сепаратор, винтовой компрессор (рисунок 2).

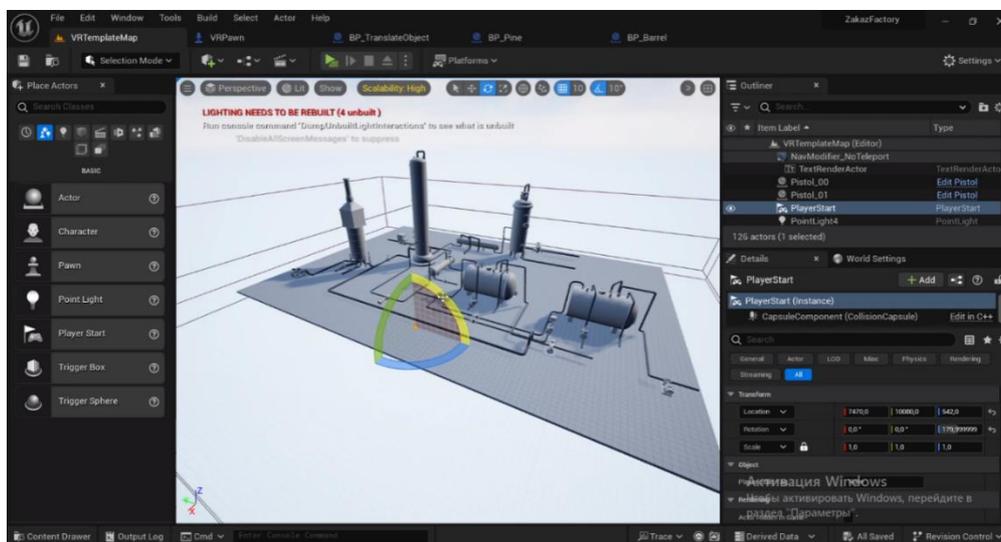


Рисунок 2. 3D модель битумной установки в программе Unreal Engine

Основной задачей тренажёра является изучение англоязычных нефтегазовых терминов. Для этого необходимо дать пользователю возможность перемещаться по карте, наводиться на объект и смотреть значения слова на русском языке, а потом на английском языке. Для этого на все элементы необходимо добавить компонент LineTrace. Это компонент, который выпускает из шлема линию, которая при попадании на объект подсвечивает его (рисунок 3).

Переключение между языками реализовано с помощью триггера на поднятие предметов в виртуальной среде.

После запуска виртуального тренажёра пользователь попадает на виртуальную локацию битумной установки, где может начать изучение англоязычных нефтегазовых терминов. Сначала студент увидит слово на английском языке (рисунок 4).

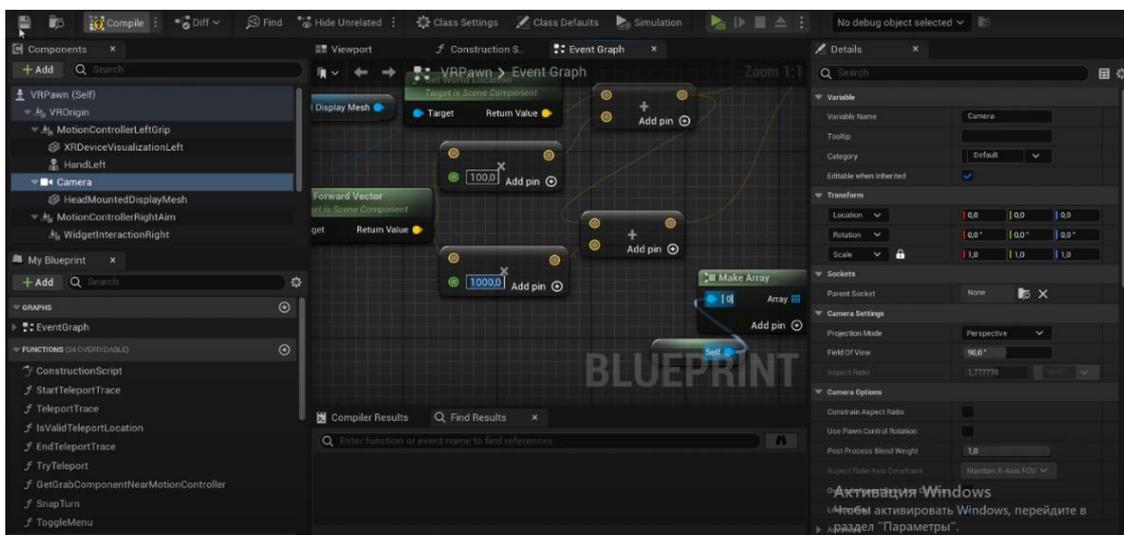


Рисунок 3. Часть реализованного кода компонента LineTrace



Рисунок 4. Название объекта на английском языке

После нажатия на кнопку поднятия предметов, пользователь сможет посмотреть перевод термина на русском языке (рисунок 5).

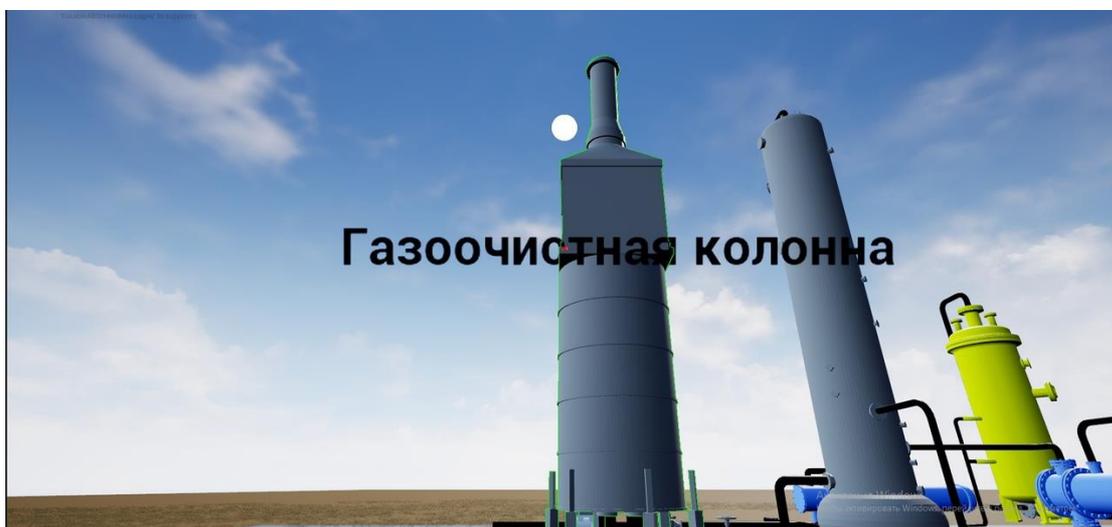


Рисунок 5. Название объекта на русском языке

## **Выводы**

Использование виртуального тренажёра по изучению англоязычных нефтегазовых терминов позволит повысить внимание и интерес студентов к изучению английского языка, что поможет студентам лучше усвоить специализированную лексику в нефтегазовой отрасли.

## **Литература**

4. Виртуальная и дополненная реальность в образовании // SportZania URL: <https://sportzania.ru/about/publikatsii/virtualnaya-realnost-v-obrazovanii/> (дата обращения: 04.03.2024).

5. Виртуальная реальность (VR) в анализе размера и доли рынка образования — тенденции роста и прогнозы (2024–2029 гг.) // Mordorintelligence URL: <https://www.mordorintelligence.com/ru/industry-reports/virtual-reality-vr-market-in-education> (дата обращения: 04.03.2024).

6. Виртуальная реальность в учебе – учить учиться, как в настоящей жизни // Globalcio URL: <https://globalcio.ru/discussion/32509/> (дата обращения: 04.03.2024).

УДК 004.421

## **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ПЛАНА ПРЕПОДАВАТЕЛЯ УНИВЕРСИТЕТА**

### **SOFTWARE FOR FORMULATING UNIVERSITY LECTURER'S INDIVIDUAL PLAN**

Захарян Г.А., Шундеев А.В., Низамова Г.Ф.,  
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,  
г. Уфа, Российская Федерация  
G.A. Zakharyan, A.V. Shundeev, G.F. Nizamova,  
FSBEI HE «Ufa University of Science and Technology»,  
Ufa, Russian Federation

e-mail: [zakharyan.george@mail.ru](mailto:zakharyan.george@mail.ru), [artem\\_shundeev@mail.ru](mailto:artem_shundeev@mail.ru),  
[nizamova\\_guzel@mail.ru](mailto:nizamova_guzel@mail.ru).

**Аннотация.** Основной задачей исследования является оптимизация процесса составления индивидуального плана работы преподавателей в высших учебных заведениях. Для достижения этой цели были использованы методы разработки программного обеспечения на базе языка программирования Python

и фреймворка PyQt5, а также библиотеки DocxTemplate, partial, json и sys. Реализуемое программное обеспечение должно позволить преподавателям эффективно планировать свою учебную, научную и организационно-методическую деятельность. В рамках исследования был проведен анализ проблем, возникающих при составлении индивидуального плана работы преподавателей, и выявлены требования к функционалу программного обеспечения для их решения. Для наглядного представления принципа работы программного обеспечения, была разработана модель нотации IDEF0 с двумя уровнями декомпозиции. В статье также описывается процесс работы создания ИПР ППС преподавателем и демонстрацией экранных форм приложения при работе с ПО. Результаты исследования показали, что разработанное программное обеспечение является эффективным средством для автоматизации процесса планирования активностей преподавателей. Это способствует повышению их профессиональной эффективности и сокращению времени, необходимого для составления индивидуальных планов работы. Данное программное обеспечение было одобрено преподавательским составом.

**Abstract.** The main objective of the study is to optimize the process of drawing up an individual work plan for teachers in higher educational institutions. To achieve this goal, software development methods based on the Python programming language and the PyQt5 framework, as well as the DocxTemplate, partial, json and sys libraries were used. The implemented software should allow teachers to effectively plan their educational, scientific, organizational and methodological activities. As part of the study, an analysis of the problems that arise when drawing up an individual work plan for teachers was carried out, and the requirements for the functionality of the software for their solution were identified. To visually represent the principle of operation of the software, an IDEF0 notation model with two levels of decomposition was developed. The article also describes the process of creating an IPR teaching staff by a teacher and demonstrating the screen forms of the application when working with software. The results of the study demonstrate that the developed software is an effective tool for automating the process of planning teachers' activities. This helps to increase their professional efficiency and reduce the time required to draw up individual work plans. This software has been approved by the teaching staff.

**Ключевые слова:** индивидуальный план, шаблон, PyQt5, формирование документа, учебная работа, DocxTemplate, преподавательский состав.

**Keywords:** individual plan, template, PyQt5, document formation, study work, DocxTemplate, teaching staff.

## Введение

Одним из основных документов, регламентирующих работу преподавателя высшего учебного заведения, является индивидуальный план работы преподавателя (ИПР ППС), который составляется преподавателем на

предстоящий учебный год на основании годового плана кафедры и включает в себя различные виды работ: учебная, учебно-методическая, научная, организационно-методическая, воспитательная, профориентационная. Планирование работ, составляющих вторую половину дня, выполняется строго в соответствии с нормами времени, утвержденными в конкретном учебном заведении [1, 2]. При этом необходимо корректное заполнение всех плановых показателей: все значения должны быть рассчитаны в соответствии с требованиями норм времени и не должны содержать ошибок. Для повышения качества и упрощения процесса подготовки ИПР ППС было разработано программное обеспечение, которое позволяет на основе выбранных (планируемых) преподавателем видов деятельности рассчитать показатели второй половины дня и сгенерировать текстовый документ «Годовой ИПР ППС» в соответствии с шаблоном, принятым в университете.

Для разработки программного обеспечения использовались Python и PyCharm вместе с PyQt5 для GUI. Графический интерфейс создан в Qt Designer для оптимального масштабирования и удобства использования. ИПР ППС представлен в формате doc и может быть отредактирован в MS Word. Для заполнения используются функции библиотеки DocxTemplate[3, 5].

Учебное приложение разработано для эффективного планирования и учета рабочего времени преподавателей. Пользователь вводит общую годовую нагрузку (например, 1487 часов) и учебную нагрузку (например, 894,7 часов). Оставшееся время распределяется на выполнение различных видов работ, составляющих вторую половину дня преподавателя. Планируемые виды деятельности включают учебно- и организационно-методическую работу, научно-исследовательскую и воспитательную работу. Пользователь может выбирать необходимые виды работ и указывать количество единиц (например, количество заданий, публикаций и т.д.). Приложение автоматически рассчитывает количество часов, необходимое для выполнения выбранных работ, и отображает суммарное время в верхней части экрана. Также отображается количество часов, оставшихся незапланированными. Весь процесс осуществляется в интерактивном режиме: при каждом изменении пользовательских данных приложение автоматически пересчитывает распределение времени. После завершения планирования пользователь может сохранить свой план в текстовом документе согласно установленному шаблону учебного заведения.

Рассмотрим пример составления индивидуального плана преподавателя с использованием разработанного программного обеспечения. На главной экранной форме приложения для ввода доступны два поля «Учебная работа» и «Всего». Данные о количестве часов, вводимых в эти поля, поступают преподавателю от специалиста по учебно-методической работе. После заполнения этих двух полей, программа автоматически рассчитывает оставшиеся часы, которые необходимо распределить на остальные виды работ. Информация об остатке находится в левом нижнем углу экранной формы приложения и обновляется при каждом изменении выбранных видов работ. Во

вкладке «Аудиторная работа» преподаватель выбирает те пункты, которые он планирует внести в свой индивидуальный план и указывает количество часов, запланированное на данный вид деятельности (рисунок 1).

Вид работы	Количество часов
Учебная работа	780
Учебно- и организационно-методическая работа	544.0
Научно-исследовательская работа	0
Воспитательная работа	0
<b>Всего</b>	<b>1696</b>

Задача	Количество часов
<input checked="" type="checkbox"/> К лекциям по новому (для преподавателя) курсу	1 час [ 24 ]
<input checked="" type="checkbox"/> К лекциям по читаемому курсу	1 час [ 80 ]
<input checked="" type="checkbox"/> К практическим (семинарским) занятиям, лабораторным работам по новому (для преподавателя) курсу	1 час [ 5 ]
<input checked="" type="checkbox"/> К практическим (семинарским) занятиям	1 час [ 12 ]
<input checked="" type="checkbox"/> К лабораторным работам	1 час [ 36 ]
<input type="checkbox"/> К выездным занятиям	1 час [ ]
<input type="checkbox"/> Проверка индивидуальных домашних заданий студентов заочной формы обучения	Семестр [ ]
<input type="checkbox"/> Проведение дополнительных консультаций, переэкзаменовок, выполнение обучающимися	[ ]

Остаток: 372.0

Рисунок 1. Пример заполнения раздела "Аудиторная работа"

При заполнении индивидуального плана, количество часов, которое ввел преподаватель в выбранный пункт, пересчитывается в соответствии с установленными приказами и нормативными актами коэффициентом для данного вида трудовой деятельности. После этого все рассчитанные нормы времени складываются и отображаются в верхней части экранной формы напротив соответствующего раздела. При необходимости, преподаватель может добавить к какому-либо виду работ любое количество часов без умножения на коэффициент, соответствующий этому пункту. Данная функция может быть необходима для сведения остатка часов к нулю. Для этого желаемое количество часов требуется написать в фигурных скобках после уже введенного числа без пробела (рисунок 2).

Вид работы	Количество
<input checked="" type="checkbox"/> По научно-методическим публикациям в специальной литературе	1 сообщение [ 1{10} ]
<input type="checkbox"/> На методическом и научном семинарах кафедры	1 сообщение [ ]
<input type="checkbox"/> На научно-методической конференции	1 доклад [ ]

Рисунок 2. Пример использования функционала фигурных скобок

В разделах «НИР преподавателя и студентов» и «Воспитательная работа» у некоторых видов работ присутствуют условия, изменяющие коэффициент данного вида деятельности. Например, если преподаватель является куратором группы студентов 1,2 курса, то коэффициент по данному виду деятельности 50. Но если преподаватель курирует студентов 3 курса и старше, то коэффициент изменится до 20. Изменить данное условие можно с помощью выпадающего списка, выбрав необходимый вариант (рисунок 3).

<input type="checkbox"/>	Подготовка и проведение конкурсов с абитуриентами	1 мероприятие	<input type="text"/>	Гл. судья
<input checked="" type="checkbox"/>	Работа в качестве куратора группы	учебный год	2	1,2 курс

Рисунок 3. Пример использования условия

После того как все разделы будут заполнены, а остаток равен нулю, преподаватель переходит к формированию итогового документа. В правом нижнем углу экранной формы расположена кнопка «Генерировать документ». При нажатии на нее появляется диалоговое окно, где преподаватель может выбрать путь в папку, где необходимо сохранить файл, а также ввести название итогового файла. Далее при нажатии кнопки «Save» файл сохраняется в формате .doc по указанному пути (рисунок 4).

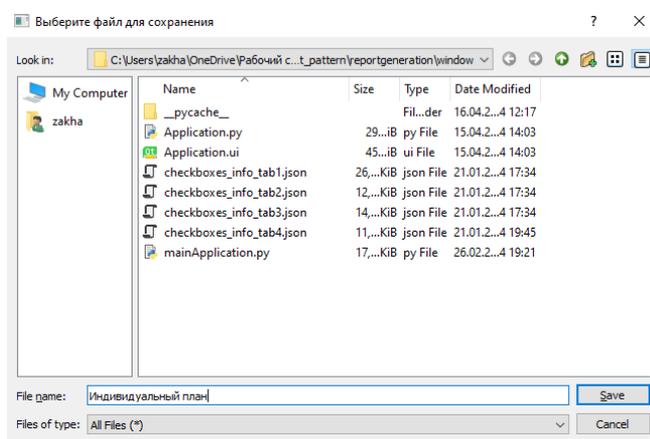


Рисунок 4. Сохранение итогового документа

Раздел «Учебно- и организационно методическая работа» в итоговом документе (Рисунок 5).

Приложение «Формирование ИПР ППС» позволяет сократить время на создание индивидуального плана преподавателя и оптимизировать работу преподавателей [6]. Ранее при создании индивидуального плана преподавателя обычно использовались стандартные средства MS Office: Word и Excel. В таблицу Excel вручную записывались планируемые виды работ и их количество часов. После составления плана с необходимым количеством часов в таблице Excel, преподаватель вручную переносил все пункты индивидуального плана в Word документ и оформлял его по шаблону. Данный процесс занимал определенное количество времени у преподавателя.

В графическом виде описать работу программы можно при помощи функциональной модели IDEF0 [4]. Основным процессом является блок «Формирование индивидуального плана преподавателя», который на вход получает данные о «Учебной нагрузке преподавателей», «План работы кафедры, распоряжения по кафедре» и «Список преподавателей кафедры». Управляющие механизмы для формирования индивидуального плана

преподавателя – это «Приказы и нормативные акты», «Нормы времени». А в роли «Механизмов» выступают Заместитель зав. кафедры по учебной работе/ Специалист по УМР, преподаватель и программное обеспечение. В данном случае Специалист по УМР назначает общее количество нагрузки на каждого преподавателя кафедры. Преподаватель формирует свой индивидуальный план, распределяя нагрузку по различным видам деятельности в соответствии с нормами времени. А программное обеспечение – это те инструменты, которые используют в работе все участники процесса. На выходе получаем сформированный «Индивидуальный план» для одного преподавателя (рисунок 6).

2. УЧЕБНО-И ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ РАБОТА

№ п/п	Виды работ	Кол-во часов	Срок выполнения	Вид отчетности	Отметка о выполнении	Примечание
1	К лекциям по новому (для преподавателя) курсу	48.0	В течение	×	×	×
2	К лекциям по читаемому курсу	80.0	В течение года	×	×	×
3	К практическим (семинарским) занятиям	5.0	В течение года	×	×	×
4	К практическим (семинарским) занятиям	6.0	В течение года	×	×	×
5	К лабораторным работам	9.0	В течение года	×	×	×
6	Проведение дополнительных консультаций	2.0	В течение года	×	×	по факту
7	На дипломную работу (проект)	4.0	В течение года	×	×	×
8	В заседаниях кафедры	24.0	В течение года	×	×	×
9	Научно-методических конференциях, семинарах (без)	12.0	В течение года	×	×	×
10	Учебную работу	40.0	В течение года	×	×	РкР°, РсР°, РпР, РсС
11	Научную работу	120.0	В течение года	×	×	РкР°, РсР°, РпР, РсС
12	Научную работу студентов	180.0	В течение года	×	×	РкР°, РсР°, РпР, РсС

Рисунок 5. Фрагмент сформированного документа ИПР ППС

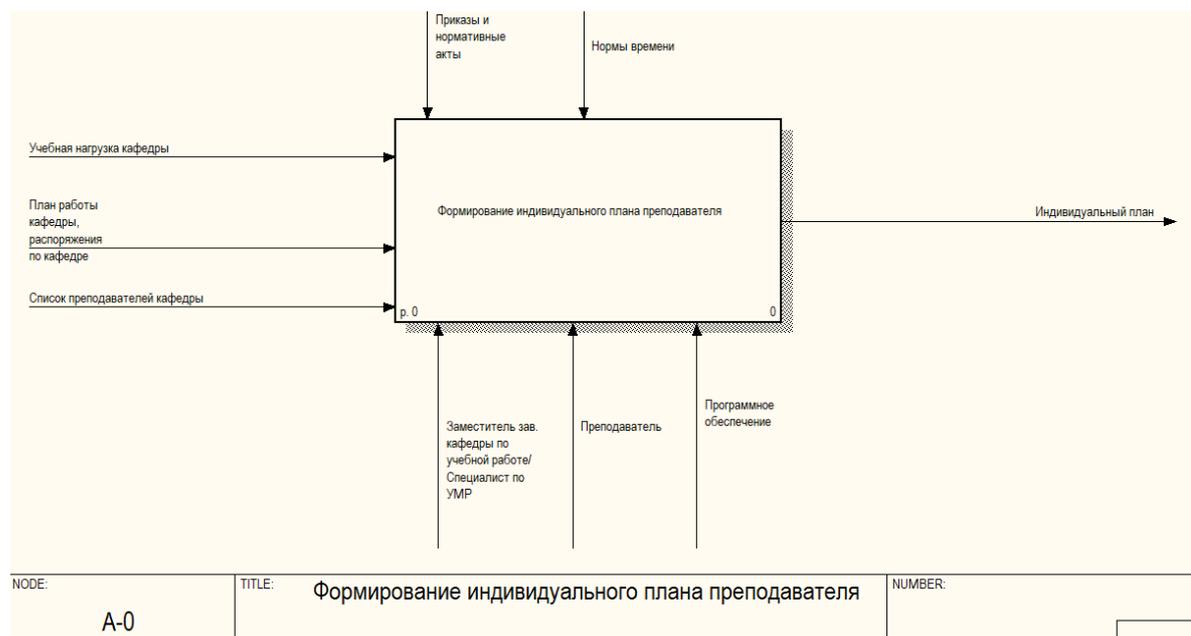


Рисунок 6. Первый уровень декомпозиции модели IDEF0

Для лучшего понимания происходящих процессов необходимо декомпозировать блок «Формирование индивидуального плана преподавателя»

на связанные между собой подпроцессы. В данном случае процесс делится на 2 основных этапа: «Распределение нагрузки по преподавателям» и «Формирование индивидуального плана». На этапе распределения нагрузки по преподавателям входными данными является «Учебной нагрузке преподавателей» и «План работы кафедры, распоряжения по кафедре». Механизмом является Специалист по УМР и программное обеспечение. Специалист по УМР распределяет нагрузку между преподавателями кафедры с учетом Норм времени, Приказов и распоряжений по кафедре. Далее, информация по Учебной нагрузке преподавателя передается на второй этап, где происходит непосредственное формирование индивидуального плана преподавателя. Механизмами является программное обеспечение и преподаватель, непосредственно его использующий. Контроль так же осуществляется Нормами времени, Приказами и распоряжениями по кафедре. Результатом деятельности является Индивидуальный план преподавателя (рисунок 7).

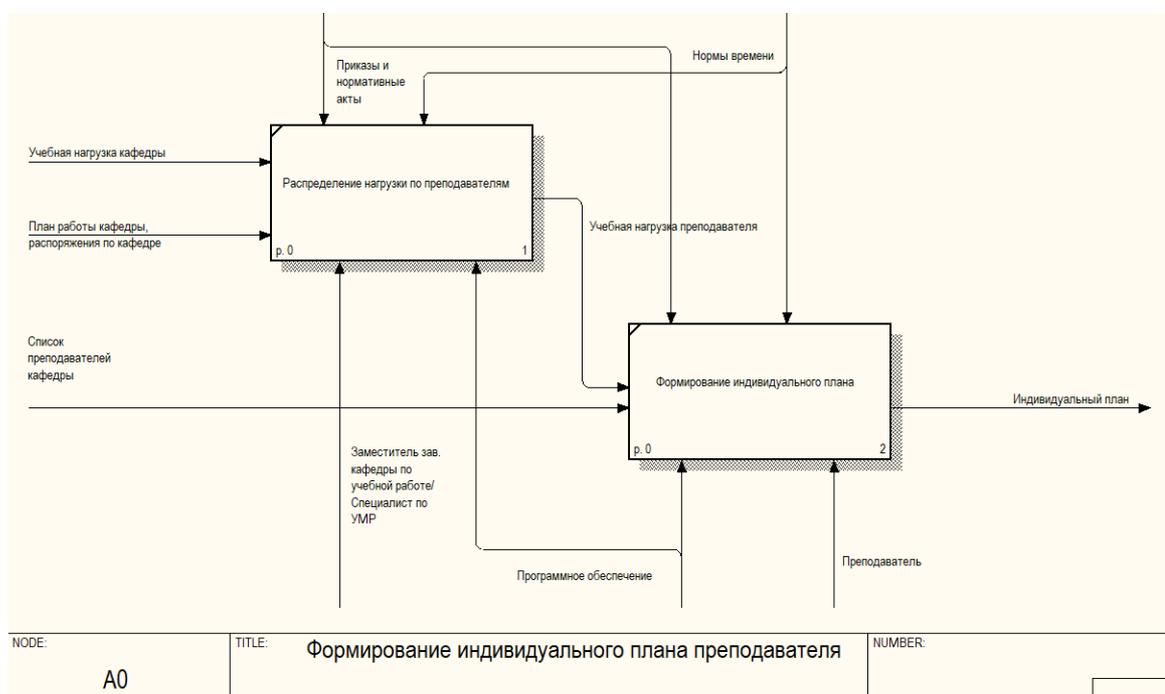


Рисунок 7. Второй уровень декомпозиции модели IDEF0

## Выводы

Приложение протестировано в текущем учебном году для составления ИПР ППС, пользователи положительно отметили удобный и интуитивно понятный графический интерфейс, отсутствие необходимости ручного заполнения документа и ведения расчетов с использованием других программных средств.

## Литература

1. Толмачев Г.А. Автоматическое формирование индивидуального плана преподавателей на основе нагрузки преподавателей / Г.А. Толмачев // Инновационные технологии: теория, инструменты, практика. – 2019. – Т. 1. – С. 26-28. – EDN DANQRS.
2. Горохов Д.Б. Автоматизированное формирование индивидуального плана преподавателя на базе автоматизированного распределения нагрузки преподавателей кафедры вуза / Д.Б. Горохов // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. – 2022. – Т. 1. – С. 30-33. – EDN FWPDBH.
3. Методика разработки программного обеспечения микрогруппой разработчиков / Т.Р. Садыков, Л.И. Шехтман, Е.В. Малофеева, С.С. Валеев // Информатика: проблемы, методология, технологии: материалы XV международной научно-методической конференции, Воронеж, 12–13 февраля 2015 года. Том 2. – Воронеж: Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, 2015. – С. 485-489.
4. Окладникова, О.Д. Модель Web-приложения "индивидуальный план работы преподавателя" / О.Д. Окладникова, С.В. Окладникова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2021. – № 4(38). – С. 101-106. – DOI 10.52684/2312-3702-2021-38-4-101-106. – EDN KVNEQY.
5. Глущенко, В.А. Модели и алгоритмы эффективного интерфейса для составления расписания занятий крупного вуза / В.А. Глущенко, Ш.М. Минасов, Д.В. Шленкин // Информационные технологии. Проблемы и решения. – 2023. – № 3(24). – С. 47-56. – EDN TDOKXY.
6. Султанова, С.Н. Модели и алгоритмы поддержки принятия решений при распределении учебной нагрузки преподавателей / С.Н. Султанова, С.В. Тархов // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2006. – Т. 7, № 3. – С. 107-114. – EDN HVHLAN.

УДК 004.9

### **ПРОГРАММНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ МОНИТОРИНГА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ УСТАНОВКИ**

### **SOFTWARE APPLICATION FOR MONITORING TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF A PRODUCTION INSTALLATION**

Ибрагимов Р.Д., Файзуллина И.И.,  
Институт нефтепереработки и нефтехимии ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате,  
ул. Губкина, 22 б, г. Салават, Республика Башкортостан, Россия, 453250

R.D. Ibragimov, I.I. Faizullina,  
Institute of Oil Refining and Petrochemistry of the Federal State Budgetary  
Educational Institution of Higher Education USPTU in Salavat, st. Gubkina, 22 b,  
Salavat, Republic of Bashkortostan, Russia, 453250

e-mail: [ilmirafaizyllina@gmail.com](mailto:ilmirafaizyllina@gmail.com)

**Аннотация.** В современном мире данные играют все более важную роль в управлении производственными процессами. Они позволяют не только отслеживать текущее состояние оборудования и технологических процессов, но и предсказывать возможные сбои, оптимизировать производственные операции и улучшать качество продукции. В контексте нефтеперерабатывающего завода, мониторинг данных производственной установки становится важным инструментом для повышения эффективности и безопасности процессов. В статье рассматривается важность мониторинга технологических данных и сохранения их в базах данных, так как данный процесс является одним из самых значимых для эффективной работы в промышленности. Описывается роль мониторинга в отслеживании работы оборудования, производственных процессов и качества продукции, а также значение баз данных для доступности, надежности и защиты информации. Также рассматривается, какая роль отводится нефтегазовой отрасли в мировой экономике, которая обеспечивает энергетическую безопасность и развитие инфраструктуры. Для успешной работы нефтегазовых предприятий необходимо использование автоматизированных систем управления технологическим процессом (АСУ ТП). Мониторинг и хранение технологических данных критически важны для успешной работы в промышленности, обеспечивая доступность и защиту информации.

**Abstract.** In today's world, data plays an increasingly important role in managing production processes. They allow you not only to monitor the current state of equipment and technological processes, but also to predict possible failures, optimize production operations and improve product quality. In the context of an oil refinery, plant data monitoring becomes an important tool to improve process efficiency and safety. The article discusses the importance of monitoring technological data and storing them in databases, since this process is one of the most significant for effective work in industry. Describes the role of monitoring in tracking equipment performance, production processes and product quality, as well as the importance of databases for the availability, reliability and security of information. It also examines what role the oil and gas industry play in the global economy, which ensures energy security and infrastructure development. For the successful operation of oil and gas enterprises, it is necessary to use automated process control systems (APCS). Monitoring and storing process data is critical to successful industrial operations, ensuring information availability and security.

**Ключевые слова:** программное приложение, мониторинг, производство, технологические параметры, контроль.

**Keywords:** software application, monitoring, production, technological parameters, control.

Нефтегазовая отрасль занимает важное положение в мировой экономике, играя ключевую роль в обеспечении энергетической безопасности, развитии инфраструктуры и формировании бюджетов стран. Нефтегазовые ресурсы представляют собой значительный источник энергии, используемый в различных отраслях экономики, таких как транспорт, промышленность и коммунальное хозяйство.

Главные задачи в данной сфере включают в себя добычу, переработку, транспортировку и продажу природного полезного ископаемого. Все эти задачи выполняются на промышленных предприятиях, которые не могут функционировать без установок, производственных цехов и, что самое важное, без соответствующего оборудования, на котором устанавливаются технические параметры в соответствии с установленными стандартами. Контроль за этими параметрами должен производиться в автоматизированном режиме. Для задач данной предметной области стали использоваться автоматизированные системы управления технологическим процессом (АСУ ТП). Следовательно, необходимо рассмотреть рынок данной предметной области [2].

Рост российского рынка автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) является одним из основных трендов в современной промышленности и технологическом развитии. Автоматизация становится все более значимой и востребованной во многих отраслях, таких как производство, энергетика, транспорт и другие [1].

Российский рынок АСУ постепенно увеличивает свою долю и привлекает внимание как российских, так и зарубежных компаний. Это связано с несколькими факторами. Во-первых, автоматизация позволяет повысить эффективность производства и снизить затраты, что является важным фактором в условиях конкурентной экономики. Во-вторых, внедрение АСУ повышает надежность и безопасность технологических процессов, что особенно актуально в отраслях с высокими требованиями к безопасности. Рассмотрим объем, динамика, а также структура российского рынка АСУ ТП (рисунок 1) [1].

Мониторинг технологических данных и сохранение этих данных в базах данных являются критически важными аспектами для эффективной работы в различных сферах промышленности. Ведение мониторинга позволяет отслеживать работу оборудования, производственных процессов и качество выпускаемой продукции. Это позволяет быстро выявлять потенциальные проблемы или отклонения от установленных норм и стандартов, что позволяет принять меры по их устранению [4].

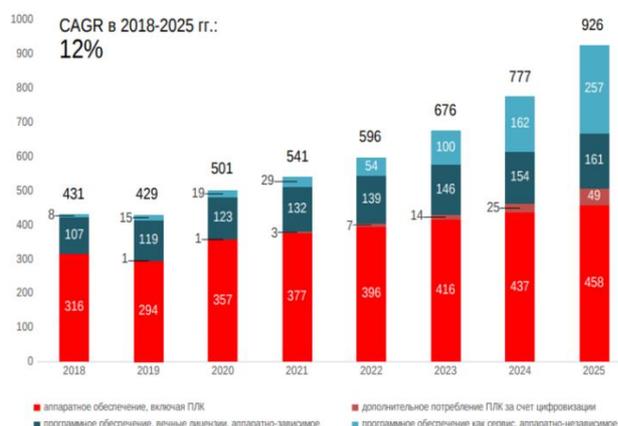


Рисунок 1. Статистические данные российского рынка АСУ ТП

Сохранение данных в базах данных обеспечивает доступность и надежность информации. Благодаря базам данных можно легко хранить большие объемы данных, структурировать их и обеспечить быстрый поиск и доступ к необходимой информации. Кроме того, базы данных обеспечивают защиту информации, так как данные могут быть защищены паролями, шифрованием и другими методами, обеспечивающими конфиденциальность и целостность данных [3].

Рассмотрим декомпозицию бизнес-процесса «Мониторинг технологических данных производственной установки» (рисунок 2).

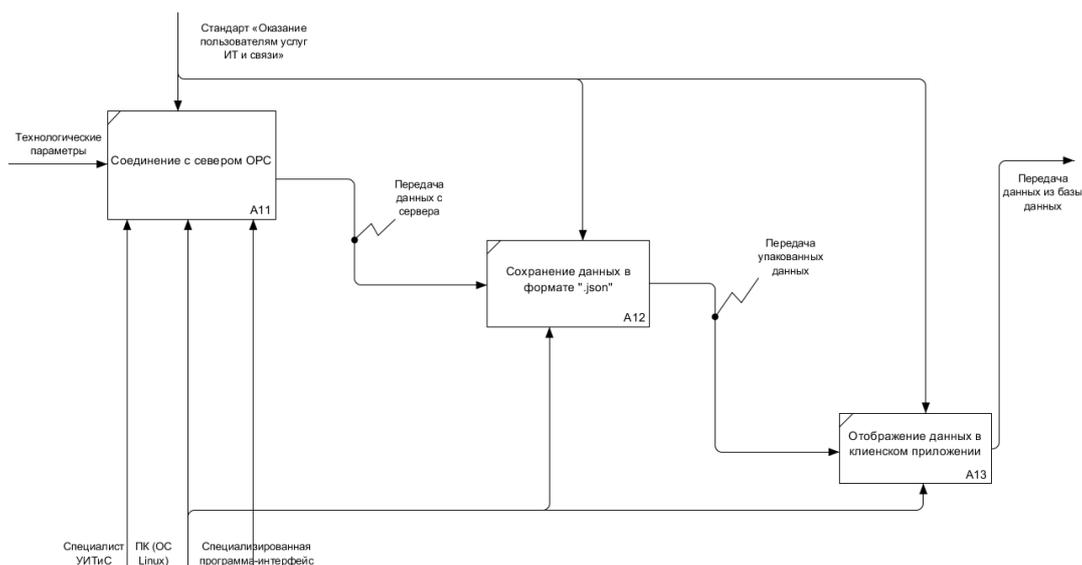


Рисунок 2. Диаграмма декомпозиции бизнес-процесса «Мониторинг технологических данных производственной установки»

Далее рассмотрим декомпозицию процесса «Мониторинг технологических данных производственной установки» более детально. На диаграмме представлены три функции: «Соединение с сервером OPC», «Сохранение данных в формате json» и «Отображение данных в клиентском приложении».

Разрабатываемое программное приложение позволяет на этапе пуско-наладочных работ более упрощенно производить настройку системы. Оно будет:

- устанавливать связи между клиентским устройством и сервером, использующим открытый протокол связи OPC (OLE for Process Control). Этот протокол позволяет обмениваться данными между различными устройствами и приложениями в промышленной автоматизации. Соединение с сервером OPC позволяет клиентскому устройству получать данные от сервера, отправлять команды и контролировать процессы на удаленных устройствах.

- записывать информацию в удобном для машины и человека формате. JSON (JavaScript Object Notation) является легко читаемым форматом обмена данными, основанным на языке программирования JavaScript. Сохранение данных в формате JSON позволяет легко хранить, передавать и обрабатывать информацию в структурированном виде, что делает их доступными для дальнейшего анализа и обработки.

- показывать информацию пользователю на экране его устройства. Клиентское приложение является веб-приложением, и его задачей является получение данных из источника, их обработка и отображение пользователю в удобном для восприятия виде. Отображение данных в клиентском приложении дает возможность пользователям следить за состоянием системы, принимать решения на основе полученной информации и контролировать процессы в реальном времени.

Разрабатываемое программное приложение имеет ряд важных преимуществ:

- быстрый доступ к данным, обеспечивая непрерывное и надежное соединение с оборудованием и устройствами на производстве, что позволяет быстро получать актуальные данные о производственных процессах.

- эффективное хранение данных. Информация о производственных процессах хранится в структурированном и легко доступном формате. Это упрощает процесс анализа информации, позволяет быстро извлекать необходимые данные и обеспечивает удобное взаимодействие с базой данных.

- визуализация информации о производственных процессах в удобном для пользователя виде. Это обеспечивает оперативный контроль над работой производственных установок, а также удобное принятие управленческих решений на основе полученных данных.

Использование данного программного приложения позволяет повысить эффективность производственных процессов, улучшить управление ресурсами и сократить затраты на производство.

## **Выводы**

Использование данного решения помогает увеличить эффективность производственных процессов, оптимизировать управление ресурсами и снизить издержки на производство. Это способствует увеличению производительности

компания и придает ей конкурентное преимущество на рынке. Таким образом, данное приложение позволяет оптимизировать управление производственными процессами, повысить эффективность работы предприятия и быстро реагировать на изменения в производственном цикле.

## Литература

1. Тимченко Р.А., К 2027 году российский рынок СУБД и инструментов обработки данных составит 170 млрд руб [Электронный ресурс] / Р.А. Тимченко // – URL: [https://www.cnews.ru/news/top/2023-09-20\\_k\\_2027\\_godu\\_rossijskij\\_rynok?erid=Kra23jT8F](https://www.cnews.ru/news/top/2023-09-20_k_2027_godu_rossijskij_rynok?erid=Kra23jT8F).

2. Аксенов А., АСУ ТП (рынок России) [Электронный ресурс] / Р.А. Тимченко // Tadviser URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:АСУ\\_ТП\\_\(рынок\\_России\)](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:АСУ_ТП_(рынок_России)).

3. Колесников А., Что такое мониторинг [Электронный ресурс] / А. Колесников // Tadviser URL: <https://setafi.com/elektronika/monitory/chto-takoe-monitor>.

4. Контроль и мониторинг промышленного оборудования // Миг электро URL: <https://www.mege.ru/reviews/siemens/kontrol-i-monitoring-romyshlennogo-oborudovaniya-s-ispolzovaniem-platformy-mindsphere>.

УДК 004.891

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ СКВАЖИН С ПРИМЕНЕНИЕМ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В НЕФТЕГАЗОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

## **STUDY OF GAS-CONDENSATE WELLS USING INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE OIL AND GAS INDUSTRY**

Курманчук Н.С., Сохошко С.К.,  
ФГБОУ ВО Тюменский индустриальный университет,  
г. Тюмень, Российская Федерация  
N.S. Kurmanchuk, S.K. Sohoshko,  
Tyumen Industrial University, Tyumen, Russian Federation

e-mail: [kurmanchukn@mail.ru](mailto:kurmanchukn@mail.ru)

**Аннотация.** Исследования, представленные в данной статье, затрагивают важные аспекты гидродинамических исследований в контексте разработки нефтегазовых месторождений. Авторы обращают внимание на значимость понимания коллекторских свойств скважин и изменений, происходящих после проведения капитального ремонта и глушения. Это имеет важное значение для оптимизации производства нефти и газа. Одним из ключевых выводов статьи является то, что эффективность добычи нефти и газа зависит не только от успешного выполнения технических работ, но и от умения адаптировать стратегии добычи на основе данных гидродинамических исследований. Результаты анализа зависимостей параметров скважин от времени после проведения работ позволяют более глубоко понять долгосрочные эффекты капитального ремонта и глушения на коллекторские свойства. Такой анализ является ключевым для разработки оптимальных стратегий управления добычей, направленных на максимизацию выработки нефти и газа. Авторы статьи обращают внимание на важность комплексного подхода к анализу данных, включающего использование гидродинамических моделей и статистических методов. Этот подход считается важным инструментом для принятия обоснованных решений в области разработки и эксплуатации нефтегазовых месторождений. Постоянный мониторинг и анализ параметров скважин являются необходимым условием для обеспечения эффективной и устойчивой работы месторождений. В целом, статья подчеркивает важность глубокого понимания коллекторских свойств скважин и их изменений после проведения ремонтных работ для оптимизации производства нефти и газа. Кроме того, она подчеркивает необходимость использования комплексного подхода и постоянного мониторинга для принятия обоснованных решений в области разработки месторождений.

**Abstract.** The research presented in this article addresses important aspects of hydrodynamic studies in the context of oil and gas field development. The authors emphasize the significance of understanding well reservoir properties and changes occurring after major repairs and shut-ins. This is crucial for optimizing oil and gas production. One of the key conclusions of the article is that the efficiency of oil and gas extraction depends not only on the successful completion of technical tasks but also on the ability to adapt production strategies based on hydrodynamic study data. Analyzing dependencies of well parameters over time after the completion of works allows for a deeper understanding of the long-term effects of major repairs and shut-ins on reservoir properties. Such analysis is crucial for developing optimal production management strategies aimed at maximizing oil and gas recovery. The authors of the article highlight the importance of a comprehensive approach to data analysis, including the use of hydrodynamic models and statistical methods. This approach is

considered an important tool for making informed decisions in the field of oil and gas field development and operation. Continuous monitoring and analysis of well parameters are necessary conditions for ensuring effective and sustainable field operation. Overall, the article underscores the importance of understanding well reservoir properties and their changes after repair works to optimize oil and gas production. Additionally, it emphasizes the necessity of employing a comprehensive approach and continuous monitoring for making informed decisions in the field of field development.

**Ключевые слова:** Коллекторные свойства скважин, капитальный ремонт, глушение, оптимизация, добыча нефти и газа, гидродинамическое исследование, стратегии добычи.

**Keywords:** Well Reservoir Properties, major repair, shut-in, optimization, oil and gas production, hydrodynamic study, extraction strategies.

Современная нефтегазовая промышленность сталкивается с комплексными задачами, требующими постоянного совершенствования и развития. Одной из ключевых областей в этом контексте является исследование газоконденсатных скважин, содержащих смесь газа и конденсата. Процесс исследования подобных скважин представляет собой сложную задачу, включающую в себя учет различных параметров для каждой фазы в скважине.

Интеграция инновационных технологий и методов, а также применение искусственного интеллекта, становятся ключевым фактором в повышении точности, эффективности и экологической безопасности нефтегазовых исследований скважин.

Одним из важных направлений в данной области является использование многофазных потокомеров. Эти устройства способны измерять потоки каждой фазы (газа, жидкости, конденсата) непосредственно в скважине, обеспечивая более точные данные о составе и производительности скважины. Применение искусственного интеллекта в анализе данных от многофазных потокомеров позволяет более эффективно управлять процессом добычи и прогнозировать его параметры.

Другим важным инновационным решением является использование газовых хроматографов для анализа состава газа и конденсата. Это позволяет получать более точные данные о свойствах скважины и ее производительности. Применение искусственного интеллекта в анализе данных от газовых хроматографов позволяет автоматизировать процесс обработки и интерпретации результатов, сокращая время и увеличивая точность.

Дополнительно, внедрение беспроводных систем мониторинга позволяет операторам получать данные о состоянии скважины в реальном времени, что помогает оперативно реагировать на изменения в процессе исследования. Применение искусственного интеллекта в анализе данных от беспроводных

систем мониторинга обеспечивает автоматизированное управление и оптимизацию процесса эксплуатации скважин.

Гидродинамические исследования также включают использование геофизических методов, таких как сейсмические, гравитационные и электрические методы, для исследования геологического состава вокруг скважины. Применение искусственного интеллекта в анализе данных от геофизических методов позволяет более точно интерпретировать полученные сведения и делать более обоснованные выводы о структуре и свойствах пласта.

Кроме того, с использованием компьютерных моделей можно моделировать процессы, происходящие в газоконденсатных скважинах, что позволяет операторам прогнозировать производительность скважин и оценивать различные сценарии развития, способствуя принятию обоснованных решений относительно их дальнейшей эксплуатации.

Интерпретация данных гидродинамических исследований на таких скважинах представляет собой сложную задачу, требующую применения специальных подходов и методов. Основные особенности интерпретации данных включают следующее:

- Неравномерное распределение давления в пласте. В результате многостадийного гидравлического разрыва пласта образуется ряд гидравлических трещин, что приводит к неравномерному распределению давления в пласте. Это усложняет процесс интерпретации данных гидродинамических исследований и требует применения специальных методов, таких как моделирование распределения давления в пласте.

- Эффект "ближнего" и "дальнего" влияния. При гидравлическом разрыве пласта формируется зона высокой проницаемости вокруг скважины, называемая зоной ближнего влияния. Вне этой зоны формируется зона низкой проницаемости, известная как зона дальнего влияния. Для интерпретации данных гидродинамических исследований на таких скважинах требуется учет эффекта ближнего и дальнего влияния с использованием специальных моделей.

- Присутствие множества гидравлических трещин. Гидравлический разрыв пласта на горизонтальных скважинах приводит к образованию множества гидравлических трещин, что усложняет интерпретацию данных гидродинамических исследований. Для оценки характеристик гидравлических трещин используются специализированные методы, такие как анализ скважин с использованием пластовой сейсмической интерферометрии.

- Необходимость учета изменения проницаемости пласта. Гидравлический разрыв пласта приводит к изменению проницаемости пласта в зоне ближнего и дальнего влияния. Для интерпретации данных гидродинамических исследований необходимо учитывать это изменение и применять соответствующие модели.

Интерпретация данных гидродинамических исследований на горизонтальных скважинах с многостадийным гидравлическим разрывом пласта представляет собой сложную задачу, требующую использования специализированных подходов и методов. Основные особенности интерпретации данных на таких скважинах включают неравномерное распределение давления в пласте, эффект ближнего и дальнего влияния, присутствие множества гидравлических трещин и необходимость учета изменения проницаемости пласта. Для решения этих задач применяются специализированные модели и методы, такие как моделирование распределения давления в пласте и анализ скважин с использованием пластовой сейсмической интерферометрии.

Для планирования гидродинамических исследований скважин используют компьютерную модель. Всего при планировании проводят 5 этапов.

Этап 1: Оценка воздействия капитального ремонта

Исследования начинаются с оценки влияния капитального ремонта на коллекторские свойства скважин. Анализируются изменения скин-фактора, проводимости трещины и длины трещины до и после проведения работ. Рисунки 1-3 демонстрируют зависимости отношений этих параметров ко времени между гидродинамическими исследованиями (ГДИ). Кроме того, определены линии тренда, описывающие влияние капитального ремонта на параметры скважин по времени.

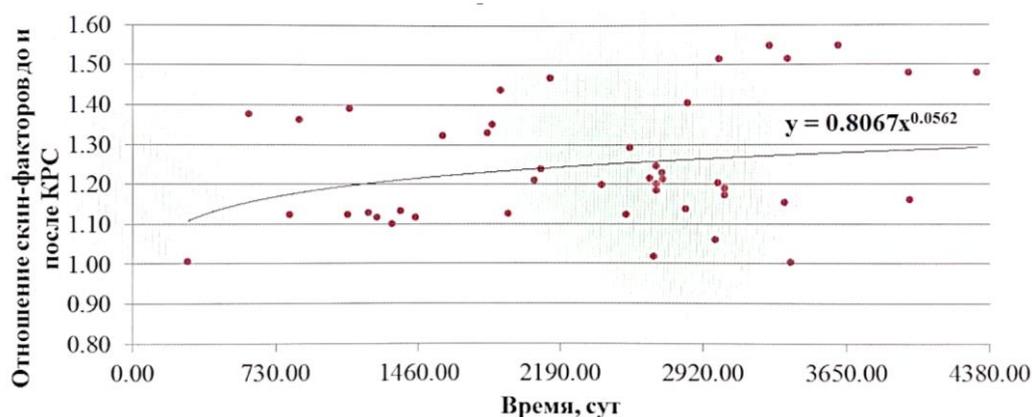


Рисунок 1. Степенная зависимость параметра отношений скин-фактора до и после КРС ко времени

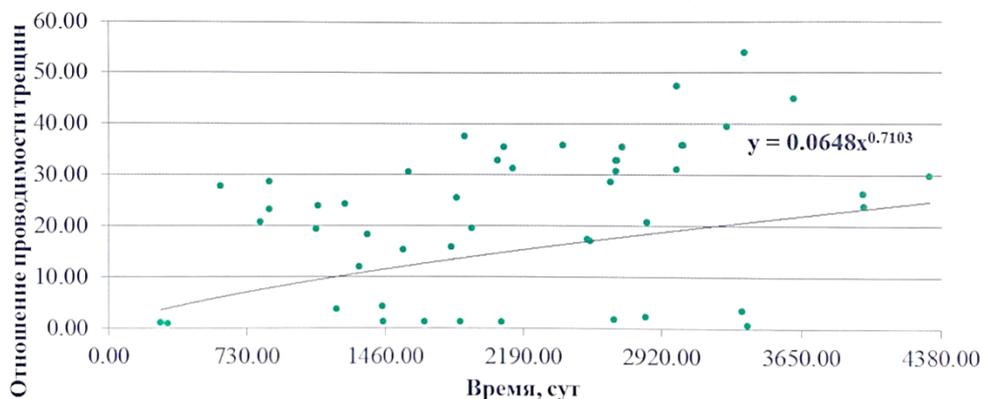


Рисунок 2. Степенная зависимость параметра отношений проводимости трещины до и после КРС ко времени

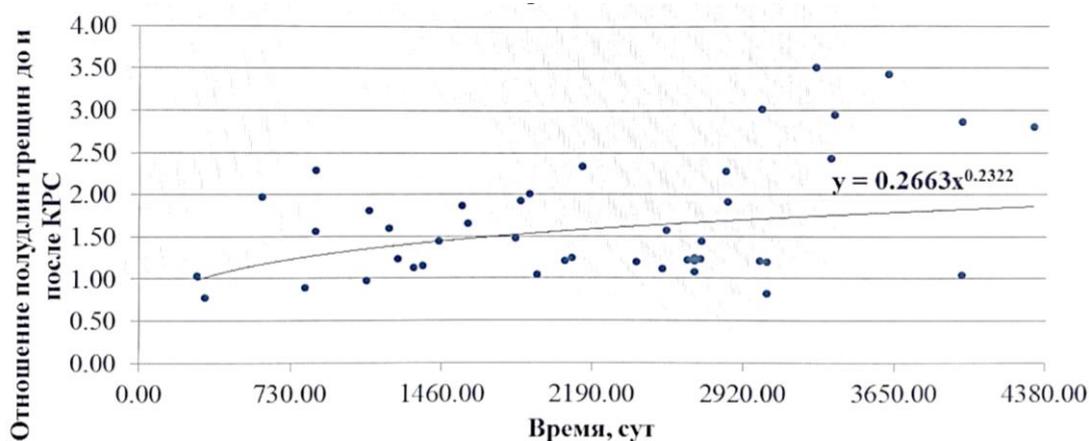


Рисунок 3. Степенная зависимость параметра отношений полудлины трещины до и после КРС ко времени

Этап 2: Анализ зависимостей параметров от времени

На втором этапе строятся зависимости параметров скважин до и после капитального ремонта от времени. Рассматриваются изменения, произошедшие после глушения, с учетом проведенных гидродинамических исследований.

Зависимость скин-фактора степенная:

$$y=0,8067x^{0,0562},$$

Зависимость проводимости трещины степенная:

$$y=0,0648x^{0,7103},$$

Зависимость полудлины трещины степенная:

$$y=0,2663x^{0,2322}.$$

Этап 3: Расчет параметров ГДИ на рейтинговых скважинах

Третий этап включает в себя расчет параметров гидродинамических исследований на скважинах, входящих в рейтинг, с учетом их истории проведения гидродинамических исследований и капитального ремонта в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики скважин рекомендованных для ГДИС

2	8,0845	7,401	6,568	5,183	1,666
3	5,935	6,292	5,785	3,836	1,461
4	7,374	10,207	9,636	8,529	1,619
5	56,375	15,793	15,123	13,873	1,209
6	8,345	9,329	8,189	6,306	2,196
7	1,807	9,326	8,201	7,076	2,318
8	7,057	3,333	2,920	2,400	0,941

## Этап 4: Настройка гидродинамической модели

На четвертом этапе производится настройка параметров гидродинамической модели на основе рассчитанных характеристик трещин и скин-факторов в таблице 2.

Таблица 2. Проектные и рассчитанные показатели добычи

Скважина	Скин	Проводимость трещины, мД*м	Полудлина трещины, м	Суток с последнего ГДИС
1	-4,71	71,3	35,6	2035
2	-4,28	16,3	54,4	1414
3	-7,23	1060	220	2496
4	-6,08	148	239	2486
5	-7,03	2150	168	3168
6	-7,23	1970	209	1845
7	-6,72	309	129	1729
8	-6,24	177	81	2496

## Этап 5: Расчет ожидаемой ценности информации

Скважина	Добыча за весь период работы скважины по старым данным, млн м <sup>3</sup>	Добыча по рассчитанным параметрам, млн м <sup>3</sup>			Разница в добычи, млн м <sup>3</sup>
		B10	B50	B90	
1	1,148	4,925	4,629	4,191	0,699

Заключительный этап включает расчет ожидаемой ценности информации (EMVwi) после проведения гидродинамических исследований, что позволяет оценить эффективность проведенных исследований в таблице 3.

Таблица 3. Сравнение рейтингов.

№	Рейтинг скважин расчетным методом	Потеря в добычи газа и газового конденсата, млн руб.	№	Рейтинг скважин на основе комплексного параметра	Расчетный коэффициент
1	2	50,342	1	1	0,247
2	6	49,811	2	4	0,247
3	4	48,940	3	5	0,23
4	3	44,144	4	8	0,227
5	5	36,529	5	3	0,225
6	7	35,716	6	6	0,223
7	8	28,447	7	2	0,213
8	1	21,117	8	7	0,212

В итоге, результаты гидродинамических исследований на скважинах после капитального ремонта с глушением подчеркивают важность планирования и адаптации стратегий добычи. Комплексный подход, рассмотренный в анализе, может быть использован для оптимизации процессов добычи и обеспечения устойчивости работы скважин в долгосрочной перспективе.

### Выводы

Важно отметить, что все перечисленные инновации в области исследования газоконденсатных скважин также уделяют внимание экологической безопасности, что способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду и уменьшению рисков экологических проблем. Использование искусственного интеллекта в этих технологиях позволяет более эффективно реагировать на возникающие экологические угрозы и минимизировать их последствия.

## Литература

1. Демьянов В.В., Савельева Е.А. Геостатистика: теория и практика / под ред. Р.В. Арутюняна. – М.: Наука, 2010. – 327 с.
2. Кременецкий М. И., Ипатов А.И., Гуляев Д.Н. Информационное обеспечение и технологии гидродинамического моделирования нефтяных и газовых залежей. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2011. – 896 с.
3. Правила разработки нефтяных и газонефтяных месторождений. Миннефтепром. М., 1987.

УДК 004.946

### **РАЗРАБОТКА ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОСИСТЕМЫ «УМНЫЙ КАМПУС УУНИТ» НА БАЗЕ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ**

### **DESIGNING DIGITAL TWINS FOR ESTABLISHING THE "SMART CAMPUS UUNIT" ECOSYSTEM BASES ON GIS TECHNOLOGIES**

Нуриев Б.А., Атнабаев А.Ф.,  
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,  
г. Уфа, Российская Федерация  
B.A. Nuriev, A.F. Atnabaev,  
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
«Ufa University of Science and Technology»,  
Ufa, Russian Federation

email: bat2003@mail.ru, Aaf1981@mail.ru

**Аннотация.** Данная статья рассматривает принципы проектирования цифровых двойников зданий и сооружений Уфимского университета науки и технологий для создания экосистемы "Умный кампус УУНИТ" на основе геоинформационных систем (ГИС). Описывается технология и этапы создания цифровых двойников зданий и сооружений. Приводятся примеры успешного использования цифровых двойников на базе ГИС-технологий. Цифровые двойники и ГИС-технологии играют важную роль в этом процессе, позволяя создавать виртуальные модели университета для более точного и эффективного управления ресурсами, планирования распределения и обеспечения безопасности. Основная цель цифрового двойника заключается в разработке продукта и обеспечении непрерывной работы реального объекта на протяжении его жизненного цикла. Описывается процесс разработки эффективной модели управления реальными объектами. Методология включает выбор

технологического стека, сбор и анализ данных, векторизацию объектов и создание трехмерной модели. Результаты показывают успешное создание точной модели учебного корпуса, способной эффективно поддерживать функционирование реального объекта. Полученные выводы подчеркивают важность цифровых двойников в современном образовании для оптимизации управления и планирования ресурсов, что может быть полезным для создания современных умных кампусов.

**Abstract.** This article explores the principles of designing digital twins of buildings and structures at the Ufa University of Science and Technology to establish the "Smart Campus UUNIT" ecosystem using geoinformation systems (GIS). It describes the technology and stages of creating digital twins of buildings and structures, providing examples of successful implementations based on GIS technologies. Digital twins and GIS technologies play a crucial role in this process, enabling the creation of virtual university models for more precise and efficient resource management, distribution planning, and security provision. The primary goal of a digital twin is to develop a product and ensure the continuous operation of the real object throughout its lifecycle. The article outlines the process of developing an effective model for managing real objects, including selecting a technological stack, data collection and analysis, object vectorization, and creating a three-dimensional model. The results demonstrate the successful creation of an accurate model of the educational campus capable of efficiently supporting the operation of the real object. The findings underscore the importance of digital twins in modern education for optimizing resource management and planning, which can be beneficial for establishing modern smart campuses.

**Ключевые слова:** цифровой двойник, ГИС-технологии, цифровизация, пространственные данные, умный кампус, трехмерная модель, экосистема.

**Keywords:** digital twin, GIS technologies, digitization, spatial data, smart campus, three-dimensional model, ecosystem.

## **Введение**

В настоящее время наблюдается повышенный интерес к применению цифровых инноваций в различных сферах, в том числе в образовании. Внедрение современных информационных технологий на предприятиях способствует изменению бизнес-процессов с целью создания обновленных, более устойчивых моделей компаний. Одним из подходов к такой трансформации является использование цифровых двойников, которые представляют собой виртуальные копии физических объектов или процессов. Эти инструменты, включая ГИС-технологии, играют ключевую роль в оптимизации управления и принятии решений, в том числе в создании

виртуальных моделей университетов для более эффективного распределения ресурсов и обеспечения безопасности.

Основной целью цифровых двойников является разработка продуктов и обеспечение непрерывного функционирования реальных объектов на протяжении их жизненного цикла. Путем создания виртуальных моделей на основе математического моделирования свойств и поведения объектов, эти технологии позволяют эффективно поддерживать их работоспособность.

### **Существующий опыт применения цифровых двойников**

Глобальный опыт показывает актуальность поставленных проблем. Например, в Стэнфордском университете применяли технологию "цифрового двойника" в проектах, связанных с архитектурой и инженерией. Копенгагенская школа морской инженерии также включила материалы о цифровых двойниках в свои учебные программы, считая их важными для работы в отрасли.

В Государственном университете Уичито, при участии Национального института авиационных исследований и ВВС США, произвели демонтаж и сканирование двух самолетов с целью создания 3D-модели. Руководитель Консорциума цифровых двойников подчеркнул, что эта инновационная методика открывает новые возможности для обучения студентов [3].

В Московском государственном университете геодезии и картографии был осуществлен проект под названием "Цифровой двойник", который нацелен на разработку цифровой модели города с применением геотехнологий и дополненной реальности. Этот проект направлен на решение задач, связанных с бизнесом и городскими службами [4].

В Университете науки и технологий имени короля Абдуллы был разработан цифровой двойник кампуса университета для оценки выбросов транспорта. Основная цель инициативы - оценить проблемы урбанизации и изменения климата перед внедрением решений в реальном мире [5].

### **Принципы и подходы к созданию цифровых двойников**

Анализ предметной области позволил определить необходимые технологии для создания цифровых двойников учебных корпусов УУНиТ в виде трехмерных моделей. При выборе технологий учитывались различные факторы, включая функциональность, производительность, доступность ресурсов и возможности интеграции. Для этой цели были выбраны распространенные инструменты разработки геоинформационных систем (ГИС), которые включают в себя пакет для работы с географическими данными, их анализа, а также инструменты для создания и отображения трехмерных моделей.

Процесс создания моделей включает три ключевых этапа:

1. Сбор и анализ пространственных данных;
2. Векторизация объектов с указанием их атрибутов;

### 3. Создание 3D модели на основе атрибутивной информации.

В статье описывается методика создания модели, используя один из учебных корпусов УУНиТ в качестве примера. На первом этапе происходит сбор и анализ исходных данных. Для этого требуются различные проекции объекта, отображающие как его внешний вид, так и внутреннее устройство с техническими деталями. Дополнительно к прямоугольным проекциям используются наглядные изображения сооружения и его частей в перспективе. Лучше всего для этого подойдут чертежи, проектные документы и другие аналогичные материалы, которые доступны на бумажных носителях. Особое внимание следует уделить таким элементам, как стены, окна, двери и лестницы. Пример части чертежа, с которой берутся данные, представлен на рисунке 1.

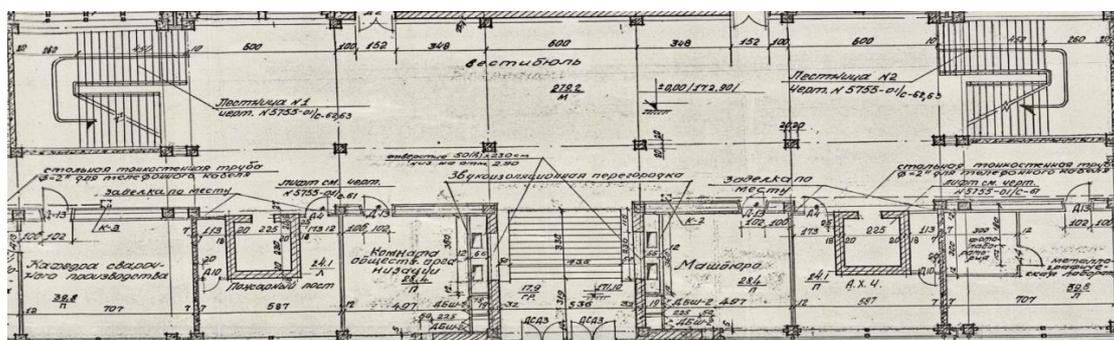


Рисунок 1. Чертеж вестибюля первого этажа

На втором этапе данные преобразуются в векторный формат. Каждый этаж представлен в виде полигона, который далее разбивается на различные элементы, такие как стены, ступени, двери, окна и т.д. Для каждого объекта указываются его характеристики, такие как тип помещения, базовая и конечная высота, корпус, этаж и площадь. Векторизованный первый этаж представлен на рисунке 2.

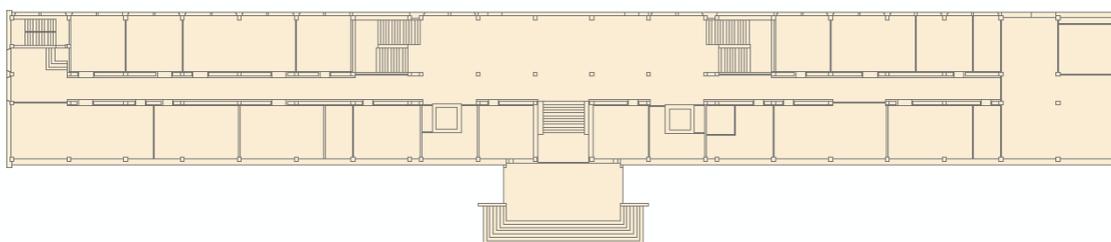


Рисунок 2. Векторизованный первый этаж

С использованием аналогичного подхода создана векторная электронная карта всех этажей учебного корпуса УУНиТ. На третьем этапе происходит формирование трехмерной модели на основе атрибутивной информации. Основное отличие этого этапа заключается в добавлении дополнительной координаты  $Z$ , которая указывает высоту объектов. Эти значения высот также извлекаются из инженерных чертежей, включенных в проектную документацию при строительстве здания. Фрагмент трехмерной модели

первого этажа учебного корпуса представлен на рисунке 3, который основан на чертеже вестибюля первого этажа (рисунок 1).

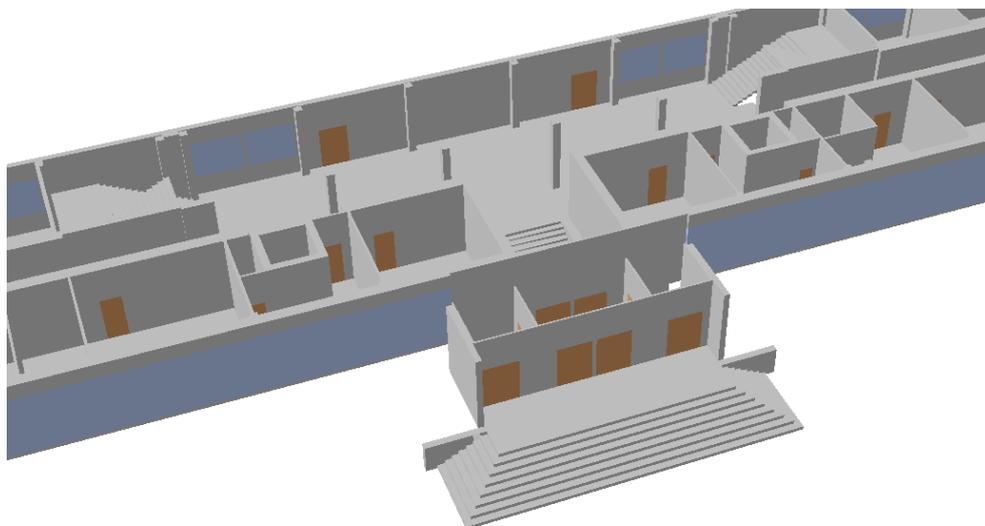


Рисунок 3. Фрагмент 3D модели первого этажа учебного корпуса

В результате проведенных работ была создана точная трехмерная модель учебного корпуса, представленная на рисунке 4.



Рисунок 4. Цифровой двойник учебного корпуса УУНиТ

## Выводы

Цифровизация не только улучшает эффективность управления кампусом, но и расширяет возможности обучения и взаимодействия между студентами, преподавателями и персоналом. Она способствует развитию инноваций и повышению качества образования, обеспечивая более гибкую адаптацию к изменяющимся потребностям и требованиям современного образования. Экосистема цифрового двойника кампуса становится основой для создания

интеллектуальных и устойчивых кампусов будущего. Цифровой двойник кампуса, основанный на ГИС-технологиях, представляет собой виртуальное отображение реального кампуса, содержащее пространственные данные о его географическом расположении, размерах, формах и размещении зданий, сооружений и других объектов.

### **Литература**

1. Акулли Мигена, Островская А.А. Цифровой двойник университета в современных условиях // Журнал «Горизонты экономики», Том 6 (72), 2022, С. 62-67.
2. Думлер М.А. Роль цифровых двойников в цифровой трансформации городов: Сборник трудов конференции. Омский государственный технический университет, 2022, С. 163-166.
3. Сучи Рудра. Что такое цифровые двойники и как высшее образование может их использовать? [Электронный ресурс]. – URL: [https://edtechmagazine.com/higher/article/2022/03/what-are-digital-twins-and-how-can-higher-ed-use-them] (дата обращения: 08.06.2023).
4. Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК): Проект «Цифровой двойник» / 2023, Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК). – URL: [https://miigaik.ru/student-research-and-development-center/proekt-tsifrovoy-dvoynik.php?sphrase\_id=405734] (дата обращения: 08.06.2023).
5. A.A. Faiad, S.M. Abdel-Ghany, M. Ayachi and S. Ahmed, City Scale Digital Twins for Mobility Emissions Evaluation, 2023 International Wireless Communications and Mobile Computing (IWCMC), Marrakesh, Morocco, 2023, pp. 1166-1171, doi: 10.1109/IWCMC58020.2023.10182944.

УДК 004.825

### **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СУДЕБНО-ЭКСПЕРТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ И ПРАВООХРАНИТЕЛЬНЫХ ОРГАНАХ**

### **AUTOMATED DECISION SUPPORT SYSTEM IN FORENSIC ACTIVITY AND LAW ENFORCEMENT AGENCIES.**

Руденкова Ю.С.,

государственный судебный эксперт ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России;  
Старший преподаватель МГТУ им. Н.Э.Баумана, кафедры: «Безопасность в цифровом мире», «Информационные системы и телекоммуникации»;  
Старший преподаватель НИУ МЭИ, ИнЭИ кафедра: «Безопасности и информационных технологий».

Y.S. Rudenkova,  
State Judicial Expert of the Federal State Budgetary Institution of the Russian  
Federation under the Ministry of Justice of the Russian Federation;  
Senior Lecturer at Bauman Moscow State Technical University, Department:  
"Security in the Digital World",  
"Information Systems and Telecommunications";  
Senior Lecturer at NRU MEI, InEI Department: "Security and Information  
Technology.

e-mail: julia.rudenkova@gmail.com

**Аннотация.** В настоящее время стоит острый вопрос об актуализации информации, необходимой для работы экспертам, следователям и т.д. с применением IT-технологий, минимизируя проблемы и увеличивая возможность применения их органами правоохранительной деятельности, экспертами в сфере безопасности информационных технологий, а также экспертами в государственных судебно-экспертных учреждениях. На сегодняшний день одним из важнейших направлений государственной политики является развитие правоохранительной деятельности с внедрением информационных технологий и систем, искусственного интеллекта и методов автоматизированного принятия решений. Информационные системы и технологии позволяют сократить и оптимизировать работу правоохранительных органов и экспертов, повысить качество их работы в профессиональной сфере. Все это объясняет актуальность рассматриваемой темы. В статье не только описаны существующие IT-технологии, перспективы их развития в правоохранительной и судебно-экспертной деятельности, но и представлена модель автоматизированной системы поддержки принятия решений.

**Abstract.** Currently there is an acute issue of updating the information necessary for the work of experts, investigators, etc. with the use of IT-technologies, minimizing the problems and increasing the possibility of their application by law enforcement agencies, experts in the field of information technology security, as well as experts in state judicial institutions. Today, one of the most important directions of state policy is the development of law enforcement activities with the introduction of information technologies and systems, artificial intelligence and methods of automated decision-making. Information systems and technologies allow to reduce and optimize the work of law enforcement agencies and experts, improve the quality of their work in the professional sphere. All this explains the relevance of the topic under consideration. The article not only describes the existing IT-technologies, prospects of their development in law enforcement and expert activities, but also presents a model of automated decision support system in law enforcement.

**Ключевые слова:** информационные технологии, автоматизированные информационные системы, правоохранительная деятельность, искусственный интеллект, право.

**Keywords:** law, information technology, automated information systems, law enforcement, artificial intelligence, information technology.

## **Введение**

В современном мире огромную роль играют информация и информационные технологии (далее, ИТ). Любое экономически развитое государство выбирает ИТ в качестве основного направления развития сферы цифровых технологий. Ориентация на знания, инновации, виртуализация среды, интеграция, а также межсетевое взаимодействие - являются основными условиями всестороннего развития любого современного государства.

В настоящее время и в России увеличивается цифровое развитие государства и общества. ИТ используются для улучшения качества жизни в целом и условий, —предпринимательской деятельности. Также большинство устройств (ноутбуки, мобильные телефоны и т.д.) доступны для любой категории граждан, следовательно, растет интенсивность использования технических средств и повышается компьютерная грамотность населения страны и мира в целом.

Сегодня уже никому не нужно доказывать, что ИТ, несомненно, являются полезными для человека и общества, но при этом не стоит забывать и про «обратную сторону медали» при использовании данных технологий [1].

С каждым днем растет и количество преступлений в сфере информационной безопасности и ИТ.

В связи с этим нужно повышать эффективность правоохранительной деятельности в значительной степени, так как от этого зависит качество информационной поддержки и работа самих правоохранительных органов в целом при расследовании преступлений.

## **Информационные технологии в правоохранительной деятельности**

ИТ – это совокупность процессов сбора, хранения, обработки и передачи необходимой для правоохранительных органов информации, осуществляемых с помощью компьютерных средств.

Деятельность правоохранительных органов включает в себя основные виды ИТ:

- обработка данных в процессе решения хорошо структурированных задач,
- решение сложных задач в рамках деятельности экспертных систем, которые основаны на использование искусственного интеллекта,
- процессы формирования управленческой отчетности,
- выработка и принятия управленческих решений и т.д.

ИТ - это основа информационных систем (далее, ИС) в любой сфере деятельности. Основными элементами данных систем являются: человек и данные о нем, компьютер, базы данных, все программное обеспечение, компьютерные сети и варианты их использования, т.е. вся информация об объектах ИС, которая оставляет информационные (цифровые) следы, важные для правоохранительной деятельности.

В связи с тем, что важная роль в аналитической деятельности и обработке огромного количества информации отдается компьютеру, сегодня чаще используют автоматизированные информационные системы (далее, АИС).

В правоохранительной деятельности применяются различные АИС (Таблица 4).

Таблица 1. АИС, применяемые в правоохранительной деятельности.

№	АИС	Функции АИС
1	Автоматизированные системы обработки данных (далее, АСОД)	Автоматизация операций управления деятельностью правоохранительных органов (статистика, анализ работы)
2	Автоматизированные информационно-поисковые системы (далее, АИПС)	Работа с условным поиском конкретной информации по определенному запросу. Например, АИПС «Автопоиск», «Аэропорт», «Криминал-И», «Насилие» и т.д.
3	Автоматизированные информационно-справочные системы (далее, АИСС)	Ввод, систематизация, хранение и выдача информации справочного характера по запросу сотрудников. Например, АИСС «Кадры», «Сводка», «Грузы-ЖД».
4	Автоматизированные рабочие места (далее, АРМ).	Наличие у всех сотрудников комплекса необходимого оборудования и программного обеспечения для проведения следственных, экспертных и других мероприятий, в рамках своих должностных обязанностей.
5	Автоматизированные системы управления (далее, АСУ).	Автоматизированное реагирование на определенные виды преступлений и правонарушений. Примером является АСУ «Дежурная часть».
6	Экспертные системы (далее, ЭС).	Комплексы ЭВМ, основой которых является искусственный интеллект. Например, ЭС «Автоэкс», «Блок», «Спрут».
7	Системы поддержки принятия решений и автоматизированные информационно-распознающие системы (далее, АИРС).	Учет лиц по элементам внешности, которые включают две основные разновидности: созданные по типу «субъективный портрет» и использующие мультимедиа файлы [2], [3].

Анализируя таблицу 1 можно сделать вывод, что на сегодняшний день ИС активно используются сотрудниками правоохранительных органов. Эти системы помогают уменьшить количество времени, необходимое для заполнения всей документации, обработки огромного объема информации и расследование преступлений «по горячим следам».

Однако не все сферы судебной деятельности используют АИС.

Одной из основополагающих сфер при расследовании преступлений является производство судебных экспертиз.

### **Возможности применения АИС в производстве судебных экспертиз и составлении заключения эксперта**

Судебные экспертизы (далее, СЭ) - это процессуальные действия, состоящие из проведения исследований и дачи заключения экспертом по вопросам, разрешение которых требует специальных знаний в области науки, техники, искусства или ремесла и которые поставлены перед экспертом органом или лицом, имеющим право назначать судебную экспертизу, в целях установления обстоятельств, подлежащих доказыванию по конкретному делу, а также при проверке сообщения о преступлении [4, 5].

Заключение эксперта является средством доказывания в суде и от данного документа зачастую зависит исход судебного разбирательства и принятие решения по расследуемому делу.

Эффективность проведения СЭ зависит от нескольких факторов: наличия методической базы, АРМ эксперта, компетентности сотрудников, а также от времени, затраченного на производство экспертиз и загруженности эксперта в целом.

Уменьшить загруженность эксперта и минимизировать ошибки при производстве экспертиз помогут только автоматизированные информационные системы, позволяющие частично уменьшить процесс составления самого заключения, а также упростить расчеты и обработку большого объема информации при исследовании.

На данный момент ведутся работы по созданию АИС для судебных экспертов. Полностью автоматизированной информационной системы в данной предметной области пока не существует.

### **Модель автоматизированной системы поддержки принятия решений**

Система моделировалась в несколько этапов:

1) Проведен анализ места экспертных и правоохранительных организаций в структуре экспертной работы РФЦСЭ при Минюсте России, а также подходов к совершенствованию управления экспертным процессом, как основного направления их деятельности.

2) Изучены возможности применения методов и моделей интеллектуального анализа данных к массивам данных, с которыми работают эксперты РФЦСЭ при Минюсте России и определение их особенностей с учетом ведомственной компоненты.

3) Обоснованы подходы к использованию методов интеллектуального анализа данных в целях совершенствования управления экспертной работы РФЦСЭ при Минюсте России.

4) Разработаны методики оценки эффективности методов обнаружения аномалий в данных экспертных организациях.

5) Разработаны модели анализа данных о ходе образовательного процесса экспертной работы РФЦСЭ при Минюсте России на основе методов обнаружения аномалий.

6) Разработан сам прототип автоматизированной системы поддержки принятия решения по управлению процессом производства экспертиз на примере ФБУ РФЦСЭ при Минюсте России.

За основу была взята мультиагентная модель с определенным количеством агентов, взаимодействующих между собой. Взаимодействие может быть представлено цепочкой: <среда – функции мультиагентной системы (далее, МАГС) - роли агентов – отношения между агентами – базовые компоненты и структуры МАГС – модификации>.

Следовательно, в системе строго поддерживается формирование исходных функций агентов, круга обязанностей каждого из них и их обязательств; также формируются исходные и развивающиеся структуры на основе выделенных функций и исследование адекватности этих структур характеру решаемых задач в определенных проблемных областях в соответствующей предметной области.

Важным элементом при создании мультиагентной системы стал язык коммуникации агентов – Agent Communication Language, определяющий типы сообщений, необходимые для взаимообмена между агентами. В рамках парадигмы коммуникации между агентами, кооперация между ними достигается за счет ACL, языка контента и онтологии, которые определяют набор базовых концепций, используемых в сообщениях кооперации. Онтология здесь выступает синонимом понятия API (Application Programming Interface), т.е. она определяет конкретный интерфейс интеллектуальных агентов.

На техническом уровне коммуникация между агентами происходит за счет передачи сообщений используя транспортный протокол нижнего уровня (SMTP, TCP/IP, HTTP, POP). Альтернативами к использованию ACL является ряд других языков, таких как языки БД (SQL), Distributed object systems (CORBA и др.), Service languages (e-speak от Hewlett Packard, BizTalk от Microsoft и др.) и Web languages (XML, RDF, DAML).

Еще одной альтернативой ACL является CORBA ORB, разработанный уже упоминавшийся Object Management Group. Вся функциональность, предоставляемая CORBA доступна и на языке JAVA, путем комбинации Java RMI, Java RMI servers, Jini, Java event servers и других.

Разработка интеллектуальной системы на основе мультиагентных технологий позволит добиваться таких результатов, как:

- решение сложных задач, не автоматизированных ранее;
- результаты решения превосходят качество, сопоставимое с решением человеком;

- начальное решение строится эффективно (линейно или полиномиально);
- изменения в постановке задачи приводят лишь к адаптации решения «на лету»;
- поддерживается работа по событиям в режиме реального времени;
- обеспечивается возможность решения задачи в диалоге с пользователем;
- вычисления легко распараллелены для решения сверхсложных задач.

## **Выводы**

На сегодняшний день в «профессиональной коллекции» сотрудников правоохранительных органов имеется большое количество разнообразных автоматизированных информационных систем, позволяющих эффективно проводить многие следственные мероприятия, вести диалог с гражданским населением.

В тоже время нужно учесть то, что с каждым годом технический прогресс растет и совершенствуются информационные технологии. Поэтому нужно не только постоянно улучшать существующие АИС, но и создавать принципиально новые решения и модели оптимизации рабочих процессов.

Примером таких решений станет автоматизированная информационная система судебного эксперта, позволяющая уменьшить время, затрачиваемое на исследование, улучшить качество и точность самих исследований и минимизировать ошибки при составлении заключения.

## **Литература**

1. Руденкова Ю.С. Правомерность проведения информационного исследования облачных хранилищ при расследовании преступлений: сборник: Научные труды. Российская академия юридических наук. Российская академия юридических наук, ООО «Издательство «Юрист». Москва, 2019. С. 840-842.

2. Баранов С.А. Информационные технологии в юридической деятельности: учебное пособие / С.А. Баранов, Ю.Э. Голодков, В.И. Демаков, Е.Ю. Ларионова, Е.Е. Кургалеева. – Иркутск: ФГКОУ ВО ВСИМВД России, 2015. – 200 с.

3. Развитие информационных технологий в уголовном судопроизводстве / под ред. С.В. Зуева. – М.: Юрлитинформ, 2018. – 248 с.

4. Россинская Е.Р., Усов А.И. Судебная компьютерно-техническая экспертиза / Е.Р. Россинская, А.И. Усов. – М.: Право и закон, 2001.- 414 с.

5. Федеральный закон от 31 мая 2001 г. N 73-ФЗ «О государственной судебно-экспертной деятельности в Российской Федерации».

УДК 622.692.4.053

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТРАФИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ  
МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ  
АЛГОРИТМА ХАФФМАНА**

**OPTIMIZATION OF THE TRAFFIC OF TECHNOLOGICAL  
INFORMATION OF TRUNK PIPELINES THROUGH THE APPLICATION  
OF THE HUFFMAN ALGORITHM**

Уликанов Р.Р., Ижбулдин Т.А.,

Общество с ограниченной ответственностью "Научно-исследовательский  
институт трубопроводного транспорта" (ООО "НИИ Транснефть"),

г. Москва, Российская Федерация

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»,

г. Уфа, Российская Федерация

R.R. Ulikanov, T.A. Izhbuldin,

Limited Liability Company The Pipeline Transport Institute Transneft R&D, LLC,  
Moscow, Russia

FSBEI HE "Ufa state petroleum technological university", Ufa, Russian Federation

e-mail: UlikanovRR@niitnn.transneft.ru

**Аннотация.** В данной статье обсуждается актуальная проблема увеличения объемов данных и потребность в их оптимизированной передаче в контексте систем управления магистральными трубопроводами. Исследование направлено на оценку возможностей снижения трафика данных за счет использования алгоритма Хаффмана для эффективного сжатия. Предложенная методика сжатия данных без потерь, позволяет не только сократить объем передаваемых данных, но и сохранить их исходное качество, что критически важно для точного мониторинга и контроля за работой системы.

В статье представлены теоретические основы алгоритма Хаффмана, который является эффективным инструментом для сжатия данных без потерь, и иллюстрируется его применение на примере производственного объекта магистрального нефтепродуктопровода «Воскресенск-Прибой». Результаты промышленного эксперимента подтверждают значительное сокращение объема данных и увеличение кратности сжатия, что в совокупности позволяет уменьшить нагрузку на системы передачи данных и повысить их пропускную способность.

Заключение статьи подчеркивает значимость внедрения алгоритма Хаффмана в системы управления инфраструктурными объектами, такими как магистральные трубопроводы. Применение данной технологии не только оптимизирует обработку и передачу данных, но и повышает общую надежность и эффективность системы, обеспечивая ее стабильность при повышенных

нагрузках. В заключительной части предложены направления будущих исследований, которые могут способствовать дальнейшему совершенствованию систем управления учитывая растущие объемы данных.

**Abstract.** This article discusses the pressing issue of increasing data volumes and the need for their optimized transmission within the management systems of main pipelines. The study aims to evaluate the potential for traffic reduction through the use of the Huffman algorithm for effective data compression. The proposed lossless data compression method not only reduces the volume of transmitted data but also preserves their original quality, which is critically important for accurate monitoring and control of system operations.

The article presents the theoretical foundations of the Huffman algorithm, which is an effective tool for lossless data compression, and illustrates its application using the example of the Voskresensk-Priboy main petroleum product pipeline production facility.

The results of the industrial experiment confirm a significant reduction in data volume and an increase in compression ratio, collectively reducing the load on data transmission systems and enhancing their bandwidth.

The conclusion of the article highlights the importance of integrating the Huffman algorithm into the management systems of infrastructural objects such as main pipelines. The application of this technology not only optimizes data processing and transmission but also increases the overall reliability and efficiency of the system, ensuring its stability under high loads. The final part suggests directions for future research that could further improve management systems considering the growing volumes of data.

**Ключевые слова:** сжатие данных, алгоритм Хаффмана, системы управления трубопроводами, оптимизация трафика, сжатие без потерь, надёжность инфраструктуры, увеличение пропускной способности.

**Keywords:** data compression, Huffman algorithm, pipeline management systems, traffic optimization, lossless compression, infrastructure reliability, bandwidth enhancement.

## **Введение**

В современном мире, где объемы данных растут с каждым днем, важность их эффективной и экономичной передачи не может быть недооценена. Это особенно актуально для критически важных инфраструктурных объектов, таких как магистральные трубопроводы, где надежность и достоверность передаваемой информации напрямую влияет на безопасность и эффективность работы всей системы. Однако, по мере увеличения объемов собираемых данных, традиционные методы их передачи сталкиваются с серьезными трудностями, связанными с пропускной способностью каналов связи и

временем, необходимым для их обработки и передачи. В этом контексте поиск способов оптимизации трафика каналов связи становится актуальной задачей.

В процессе проектирования систем управления магистральными трубопроводами стоит задача выбора оптимального метода сжатия данных. В зависимости от специфики работы системы, требования к сжатию могут существенно отличаться. С одной стороны, имеются сценарии, требующие почти мгновенной передачи данных, где применение вейвлет-преобразований может быть оправдано благодаря их способности эффективно работать в условиях реального времени. Вейвлет-преобразования, хоть и вносят некоторую потерю информации, позволяют достичь значительного уровня сжатия и скорости обработки, что критически важно в системах, требующих немедленной реакции [1].

С другой стороны, существуют ситуации, когда оперативность доставки данных не является определяющим фактором, и возможно накопление данных перед их отправкой. В таких случаях, крайне важно, чтобы процесс сжатия был без потерь, так как каждый бит информации может быть критичен для корректного мониторинга и управления системой. Именно здесь алгоритм Хаффмана проявляет свои лучшие качества.

### **Цель исследования**

Целью данного исследования является оценка потенциала снижения объема трафика в системах управления магистральными трубопроводами через сжатие без потерь аккумулярованных данных.

В рамках данного исследования основной задачей является анализ эффективности сжатия без потерь для аккумулярованных данных с целью снижения трафика в системах управления магистральными трубопроводами. Это предполагает не просто уменьшение объема передаваемых данных, но и сохранение их полной ценности и точности для обеспечения надежной работы системы.

### **Теоретические основы**

Алгоритм Хаффмана — это метод сжатия данных без потерь, разработанный Дэвидом Хаффманом в 1952 году. Основная идея алгоритма заключается в использовании переменной длины кода для представления часто встречающихся символов более короткими кодами, а редких символов — более длинными кодами [2]. Таким образом, алгоритм стремится минимизировать общее количество бит, необходимых для представления исходного набора данных.

Процесс работы алгоритма можно разделить на несколько этапов:

1. На первом этапе определяется частота появления каждого символа (или иных данных) в исходных данных.

2. Символы (или иные данные) упорядочиваются по частоте в виде листьев дерева, начиная с наименее частых. Затем, два наименее частых символа объединяются в один узел, чья частота равна сумме частот двух его дочерних элементов. Процесс повторяется, пока не будет построено полное дерево.

3. Каждому символу присваивается уникальный код в соответствии с путем от корня дерева до соответствующего листа: движение влево обозначает бит "0", а движение вправо — бит "1".

4. Исходные данные кодируются с использованием полученных кодов символов, что приводит к уменьшению общего объема данных [2].

Выбор алгоритма Хаффмана для сжатия данных в системах управления магистральными трубопроводами обусловлен его способностью к значительному уменьшению размера передаваемой информации без потерь. Это особенно важно, когда требуется сохранение полноты и точности данных, таких как мониторинг и управление критически важными инфраструктурными объектами.

### Результаты промышленного эксперимента

Для оценки эффективности алгоритма Хаффмана как метода сжатия данных выбран производственный объект магистрального нефтепродуктопровода (МНПП) «Воскресенск-Прибой». Данный объект оборудован датчиками давления (5 единиц), работающими с частотой опроса 100 Гц, точность предоставляемых данных до 8 знаков после запятой. Количество данных по каждому датчику составляет 59962 чисел. Результаты приведены в таблице 2.

Процесс подготовки данных и их последующая компрессия включает в себя несколько ключевых этапов:

1. Первоначальное показание с датчика фиксируются как исходные точки для возможности дальнейшего восстановления.

2. Каждое последующее показание с датчиков сравнивается с предыдущим, и фиксируется их разница. Этот подход позволяет сократить количество уникальных значений, поскольку в большинстве случаев изменения показаний являются небольшими.

3. После получения серии разностных значений, данные подвергнуты обработке с помощью алгоритма Хаффмана.

Для наглядности работы алгоритма построено дерево Хаффмана по частоте повторяющихся значений на примере данных по датчику №5 (рисунок 1). Это дерево иллюстрирует, как алгоритм Хаффмана минимизирует общий объем данных, присваивая наиболее часто встречающимся значениям самые короткие коды. Таким образом, значение 0, которое является самым частым, получило самый короткий код 1.

Присвоенные коды Хаффмана каждому уникальному значению представлены в таблице 1.

Таблица 1. Соответствие уникальных значений датчиков и их кодов по алгоритму Хаффмана

Уникальное значение	Код Хаффмана	Количество повторений
-4.76289254	010000	1
0.00345722	010001	2
-0.00230481	01001	30
0.00230481	0101	92
0.00115241	011	6701
-0.00115241	0	6819
0.0	1	46317

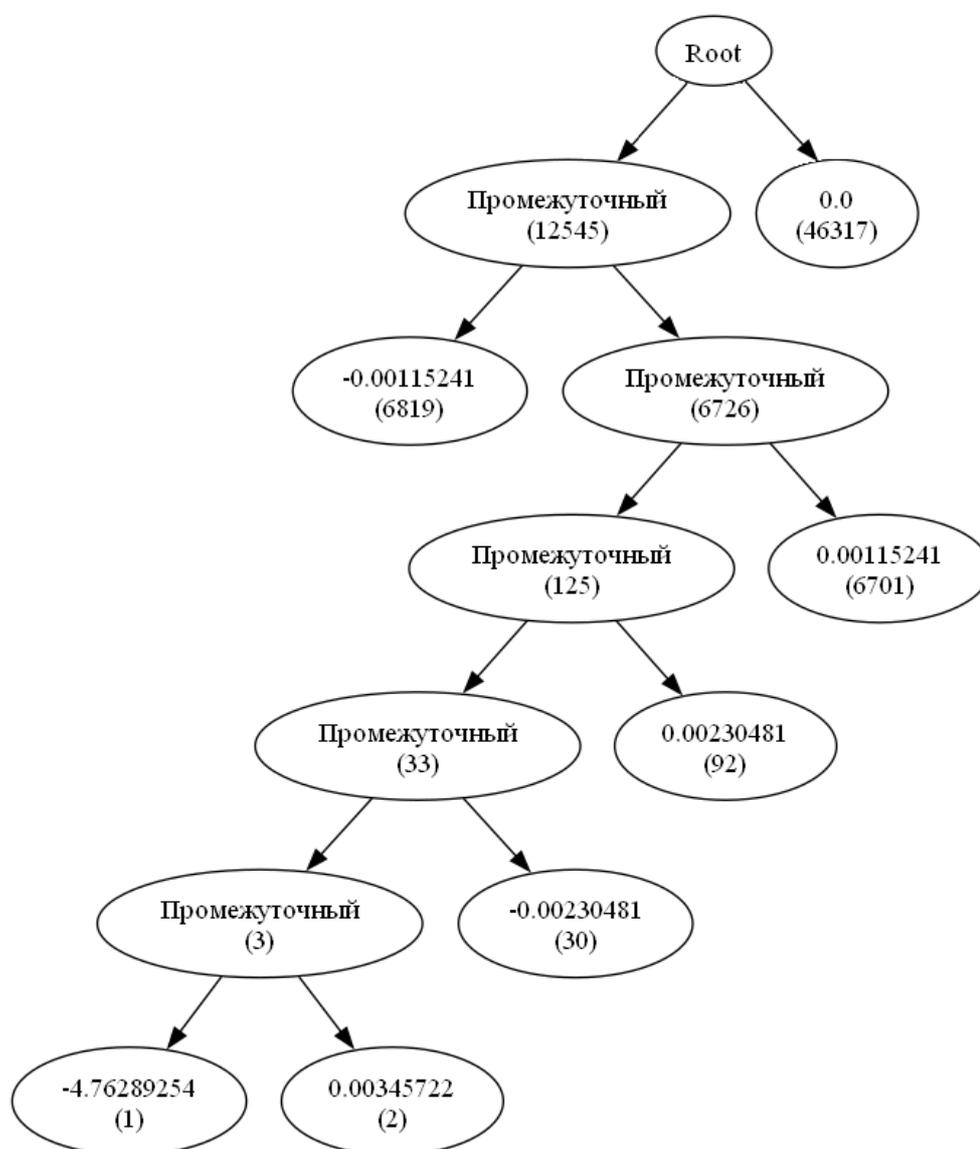


Рисунок 1. Дерево Хаффмана по данным датчика №5

Таблица 2. Результаты промышленных испытаний

№ п/п	Номер датчика	Объем исходных данных, бит	Количество уникальных значений	Объём данных после сжатия, бит	Объём дерева Хаффмана, бит	Кратность сжатия
1.	1	1918784	40	272151	7352	6.86
2.	2		16	110976	2984	16.84
3.	3		13	83816	2392	22.26
4.	4		7	94105	1080	20.16
5.	5		7	80594	1080	23.49
					Среднее арифметическое:	17.92

Анализ результатов промышленных испытаний, отображённых в таблице 2, демонстрирует значительное сокращение объёма данных после применения алгоритма Хаффмана для каждого из датчиков на МНПП Воскресенск-Прибой. Значения коэффициента сжатия колеблются от 6.86 до 23.49. Средний коэффициент сжатия, равный 17.92, подтверждает, что оптимизация передачи данных с помощью алгоритма Хаффмана может значительно снизить нагрузку на системы передачи данных.

В рамках работы с данными, полученными от преобразователей давления магистрального нефтепродуктопровода "Воскресенск-Прибой", важно отметить, что данные снимаются с преобразователей давления через равные промежутки времени. В сценариях, когда интервалы между измерениями варьируются и требуется отметить точное время измерения, к временным маркерам также может быть применён аналогичный подход с использованием алгоритма Хаффмана. По аналогии с данными показаний, путем нахождения разницы между временем предыдущего и текущего снятия данных, полученный набор временных меток может быть сжат с использованием алгоритма Хаффмана, что позволяет дополнительно оптимизировать трафик технологической информации.

## Выводы

Интеграция алгоритма Хаффмана в системы управления магистральными трубопроводами доказала свою применимость. Данный алгоритм обеспечивает не только сокращение объёма данных, но и повышает пропускную способность сети для критически важных операций. Применение этого метода к накопленным данным позволяет эффективно разгрузить каналы связи, минимизируя риск конфликтов и задержек в передаче данных, требующих моментального реагирования. Это обеспечивает устойчивость системы к

высоким нагрузкам и гарантирует своевременное обновление оперативных данных, повышая надёжность всей инфраструктуры.

Такой подход к управлению данными открывает путь к развитию более совершенных и адаптивных систем управления, способных справляться с постоянно растущими объёмами информации, при этом поддерживая высокие стандарты безопасности и эффективности работы магистральных трубопроводов

### Литература

1. Уликанов, Р.Р. Повышение точности и чувствительности системы обнаружения утечек за счет применения wavelet-преобразований / Р.Р. Уликанов, Т.А. Ижбулдин // Трубопроводный транспорт - 2023: материалы XVIII международной научно-практической конференции / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет»; под общей редакцией Р. Н. Бахтизина. - Уфа: УНПЦ «Издательство УГНТУ», 2023. - С. 181-182.

2. Хаффман, Д. А. Метод построения кодов с минимальной избыточностью / Д. А. Хаффман // Материалы IRE. - 1952. – Т. 40, №9. - С. 1098-1101.

УДК 004.009:37.015.3

## ГЕЙМИФИКАЦИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ЛОГИЧЕСКИХ ОПЕРАТОРОВ НА ОСНОВЕ MINECRAFT EDU

### GAMIFICATION OF THE EDUCATIONAL PROCESS IN THE STUDY OF LOGICAL OPERATORS BASED ON MINECRAFT EDU

Ханнанов Н.К., Шундеев А. В., Галиев Б.В., Харунов Р.Р.  
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,  
г. Уфа, Российская Федерация

N.K. Hannanov, A.V. Shundeev, B.V. Galiev, R.R. Harunov,  
FSBEI HE «Ufa University of Science and Technology»,  
Ufa, Russian Federation

e-mail: nael20000@yandex.ru, [artem\\_shundeev@mail.ru](mailto:artem_shundeev@mail.ru), [renarlis@yandex.ru](mailto:renarlis@yandex.ru),  
[rishat.kharunov@mail.ru](mailto:rishat.kharunov@mail.ru).

**Аннотация.** Исследование, представленное в данной статье, оценивает эффективность геймификации в обучении логическим операторам с использованием образовательной платформы Minecraft Edu. Учитывая важность логического мышления и алгоритмических навыков в современной

компьютерной науке, данный подход может оказаться крайне продуктивным для студентов, сталкивающихся с трудностями в освоении базовых концепций. MinecraftEdu предоставляет уникальные возможности для создания образовательных сценариев, которые не только увлекательны, но и способны развить критическое мышление и глубокое понимание учебного материала. Статья анализирует как качественные, так и количественные данные для оценки влияния геймифицированных методов на обучение. Результаты показывают улучшение усвоения материала и увеличение мотивации у студентов, что подтверждает потенциал геймификации в образовательном процессе. В исследовании также обсуждаются технические аспекты использования MinecraftEdu, включая создание индивидуализированных образовательных сценариев, а также возможные преимущества и недостатки применения такого подхода в образовательной практике. Рекомендации, предложенные на основе результатов исследования, могут помочь учебным заведениям оптимизировать использование геймификации для достижения образовательных целей. Исследование подчеркивает, что Minecraft Edu является не только инструментом для вовлечения студентов, но и мощной образовательной платформой, способной экстенсивно использоваться для развития аналитических и алгоритмических способностей учащихся. Это показывает важность дальнейших исследований в области геймификации образования, направленных на оптимизацию учебных процессов и повышение качества высшего образования в технических дисциплинах.

**Abstract.** The research presented in this article evaluates the effectiveness of gamification in teaching logical operators using the Minecraft Edu educational platform. Given the importance of logical thinking and algorithmic skills in modern computer science, this approach can be extremely productive for students who face difficulties in mastering basic concepts. Minecraft Edu provides unique opportunities to create educational scenarios that are not only exciting, but also capable of developing critical thinking and a deep understanding of educational material. The article analyzes both qualitative and quantitative data to assess the impact of gamified methods on learning. The results show an improvement in the assimilation of the material and an increase in motivation among students, which confirms the potential of gamification in the educational process. The study also discusses the technical aspects of using Minecraft Edu, including the creation of individualized educational scenarios, as well as the possible advantages and disadvantages of using such an approach in educational practice. The recommendations proposed based on the results of the study can help educational institutions optimize the use of gamification to achieve educational goals. The study highlights that Minecraft Edu is not only a tool for student engagement, but also a powerful educational platform that can be extensively used to develop students' analytical and algorithmic abilities. This shows the importance of further research in the field of educational gamification aimed at optimizing educational processes and improving the quality of higher education in technical disciplines.

**Ключевые слова:** геймификация образования, интерактивное обучение, Minecraft Edu, логические операторы, образовательные технологии.

**Keywords:** gamification of education, interactive learning, Minecraft Edu, logical operators, educational technologies.

Геймификация в последнее время получила признание в сфере образования, где игровые принципы используются для обучения. Использование игр для мотивации учащихся и улучшения обучения становится важным элементом педагогики. Логические операторы играют важную роль в развитии аналитического мышления и способности к логическому мышлению. Изучение логических операторов не только помогает решать проблемы, но также подготавливает к изучению программирования и информационных технологий. Minecraft Edu — это образовательная версия игры Minecraft, адаптированная для учебных целей. Эта платформа предоставляет возможности для создания образовательных сценариев и развития компетенций учащихся. Цель данного исследования заключается в оценке эффективности геймификации учебного процесса при изучении логических операторов с использованием платформы Minecraft Edu. Анализ результатов позволит выявить преимущества и недостатки данного подхода и предложить рекомендации для его дальнейшего применения в образовательной практике.

Студенты, изучающие базовую информатику на первом курсе университета, сталкиваются с рядом трудностей в усвоении материала, чаще всего – с недостаточной мотивацией и отсутствием интереса к учебному процессу. Особенно это касается таких важных направлений, как информатика, программирование, структурирование данных и алгоритмизация, которые тесно переплетаются между собой. Понимание алгоритмизации играет ключевую роль в развитии студентов как будущих специалистов в области информационных технологий. Использование геймификации в электронном обучении учитывает интересы и потребности студентов, позволяет совместить их персональные цели с целями обучения, усиливает понимание студентами значимости обучения для своего будущего. Внедрение геймификации в электронное обучение способствует повышению мотивации, вовлечению студентов, их большей удовлетворенности от процесса обучения, формированию состояния «потока» и т.д. [7].

Для начала следует отметить, что любая игровая деятельность может нести в себе цель вне самой игры. На главной оси находится организация и содержание, между которыми и происходит игровая деятельность. Игра находится на полюсе содержания, что связано с тем, что педагог в процессе игры останавливает процесс обучения и возвращается к нему после окончания после окончания игровой деятельности. Геймификация же, в свою очередь, находится на полюсе организации [8]. В данном случае все процессы идут

параллельно с игрой, “содержание урока” не затрагивается геймификацией, но происходит мотивация учащихся, активизация их деятельности (рисунок 1).

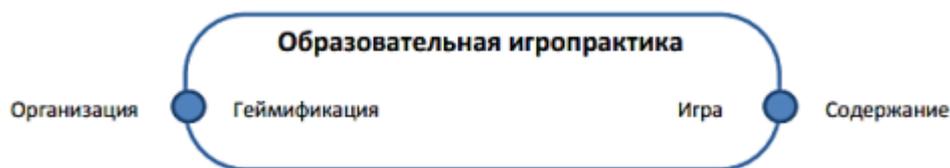


Рисунок 1. Схема отражения места геймификации в образовательном процессе.

Часто понятия «игра» и «геймификация» подменяют, что связано с переводом этих понятий на английский язык: game (игра) и gamification (геймификация). По этой причине следует рассмотреть существенные отличия игры от геймификации. Ниже представлена Таблица 5, которая содержит в себе список выделенных отличий [9]

Таблица 5. Отличительные черты игры от геймификации

Игра	Геймификация
Имеет четкие правила и цели	Имеется набор заданий, за выполнение которых дается награда в виде баллов, значков
Имеется вероятность поражения	Уровни можно выполнять несколько раз, т.е. поражение невозможно
Внутренняя награда (удовлетворение) от процесса игры	Имеется вероятность внутреннего награждения (например, удовлетворение при достижении поставленной цели)
Создание игры представляет собой сложный и дорогой процесс	Внедрение геймификации является не столь сложным и дорогим
Содержание меняется в зависимости от сюжета игры	Элементы игры добавляются без искажения содержания

Основываясь на выделенных преимуществах, недостатках, а также опыте внедрения геймификации следует рассмотреть возможную схему адаптации геймификации в образовательном процессе (рисунок 2), предложенную авторами «A Practitioner’s Guide to Gamification of Education» [10].

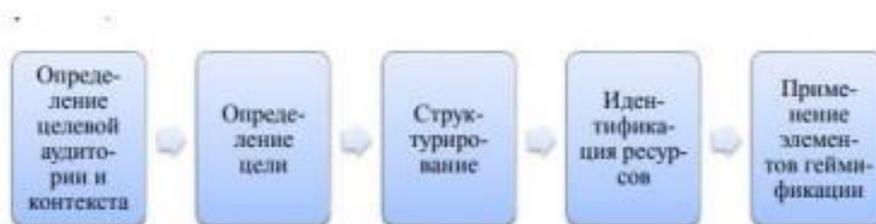


Рисунок 2. Возможная адаптация геймификации в образовательный процесс

На первом этапе обучения студенты знакомятся с основами алгоритмизации – процессом выражения решений задач через последовательные шаги или операции, необходимые для достижения конкретного результата. Это фундаментальное знание, которое необходимо усвоить полностью, чтобы облегчить последующее изучение дисциплин, связанных с точными науками. Однако, студенты сталкиваются с трудностями в освоении базовых понятий программирования и отсутствием практического опыта создания алгоритмов.

Во-первых, многие студенты сталкиваются с проблемой абстракции. Им сложно перейти от конкретной проблемы к формулировке её решения в виде алгоритма, особенно если у них недостаточно опыта в данной области, что часто характерно для первокурсников.

Во-вторых, для создания алгоритмов необходимо развитое логическое мышление, которое, к сожалению, не всегда присутствует у всех студентов первого курса. Анализ проблем на уровне отдельных шагов может быть сложным для некоторых из них.

Наконец, недостаточное понимание концепций, таких как декомпозиция задач, условные операторы, циклы и другие, может стать преградой при изучении или создании алгоритмов.

Сформировать логическое мышление с нуля представляется студентам весьма сложной задачей. Особенно в контексте того, что существующие методы обучения склонны скорее к запоминанию материала, чем к его логическому осмыслению и развитию мыслительных процессов. Наша статья нацелена на решение этой проблемы путем геймификации учебного процесса. Это подход позволит студентам не только усваивать информацию, но и развивать логическое мышление, умение создавать алгоритмы, а также решать задачи на более абстрактном уровне. Благодаря геймификации учебного процесса можно добиться повышения мотивации студентов, улучшения усвоения учебного материала, развития креативного мышления, стимулирования сотрудничества и командной работы, повышения уровня вовлеченности и учебной продуктивности.

Для адекватной оценки влияния геймификации на учебный процесс, используем как качественные, так и количественные методы. Качественный подход будет включать в себя наблюдение за учащимися во время взаимодействия с образовательными сценариями на основе Minecraft Edu. Это позволит увидеть реакцию студентов, их уровень заинтересованности, активности и эмоциональные реакции в процессе учебы. Количественный метод предполагает анализ результатов тестирования по теме логических операторов до и после использования геймифицированных учебных сценариев. Это позволит нам получить цифровые данные о степени усвоения материала и изменениях в знаниях студентов после внедрения геймификации.

Разработка образовательных сценариев будет направлена на создание интерактивной и увлекательной обучающей среды на платформе Minecraft Edu. Эти сценарии будут включать в себя разнообразные задачи и игровые задания,

специально спроектированные для изучения и практического применения логических операторов. Мы предусмотрим разные уровни сложности и методы обучения, чтобы адаптировать материал под разные типы учащихся и их индивидуальные потребности. Каждый сценарий будет сбалансирован, чтобы поддерживать интерес студентов и обеспечивать им возможность систематического и глубокого изучения темы. Для геймификация процесса обучения предполагает создание сервера Minecraft, на котором студенты могут проводить практические занятия и, в то же время, уделять свободное время игре. Это поможет развивать их логическое мышление, так как структура игры Minecraft предполагает блочное строительство, где каждый блок представляет собой часть большой конструкции. Студенты могут создавать базовые решения, используя эти блоки.

Чтобы начать использовать Minecraft Education, не нужно быть геймером. Огромное количество обучающих материалов поможет начать своё изучение уже сейчас. Minecraft является идеальной платформой для геймификации обучения основам алгоритмизации и программирования по нескольким причинам:

1. Визуальность и интерактивность: Minecraft предоставляет игрокам огромный открытый мир, который они могут свободно исследовать, строить и изменять. Этот визуальный и интерактивный аспект делает обучение более привлекательным и позволяет студентам наглядно видеть результаты своих действий.

2. Гибкость и творчество: В Minecraft игроки имеют возможность создавать собственные миры, строить различные структуры и механизмы. Это способствует развитию творческого мышления и позволяет студентам экспериментировать с различными алгоритмами и программными конструкциями.

3. Большое сообщество и ресурсы: Minecraft имеет огромное сообщество игроков и разработчиков, что означает наличие множества образовательных материалов, учебных проектов и модов, которые можно использовать для обучения программированию и алгоритмам в игре.

4. Программирование на языке блоков: В Minecraft доступен режим разработки с использованием программирования на блоках, таких как Scratch или Blockly. Это упрощает процесс написания кода для новичков и помогает им быстрее освоить основы программирования.

5. Мультиплеер и коллаборация: Minecraft поддерживает режим многопользовательской игры, что позволяет студентам работать в команде, обмениваться идеями и совместно создавать проекты, развивая навыки командной работы и коммуникации [11].

Стандартный Minecraft не всегда подходит для геймификации учебного процесса, поэтому предлагается открыть сервер с модами, которые явно демонстрируют процессы создания различных цепочек. Например, существуют Techno-сборки, нацеленные на автоматизацию и создание заводов, которые требуют от игроков развитого логического мышления для организации

правильных цепей поставок и производства. Организация такой сборки позволит студентам постепенно развивать свои мыслительные процессы от простых до более сложных, осваивая принципы линий производства и автоматизации.

Технологическая сборка подразумевает, что игрок изначально не может создавать сразу самые лучшие, быстрые и производительные машины и агрегаты; их необходимо открывать с развитием и исследованием в мире игры. Каждая новая технология и итерация приводят игрока к созданию более новых и совершенных механизмов, что заставляет его повторно перестраивать автоматизацию логистических цепочек своего производства, автокрафтов и автопереработок ресурсов. Этот постоянный циклический рост, следование за новыми блоками и улучшениями, заставляет игрока более глубоко погрузиться в игру и развивать свою логистическую цепочку так, чтобы каждый элемент стал независимым, и замена проходила менее болезненно.

Этот подход позволяет игроку структурировать свои блоки более осознанно и объектно-ориентированно. При использовании объектно-ориентированного подхода для корректного взаимодействия блоков между собой игрок сталкивается с необходимостью использовать радиостуны, то есть логическую актерацию, чтобы передавать сигналы между блоками, что приводит к изучению алгоритмов и булевой алгебры.

Ниже (рисунок 3) находится пример схемы создания ускорителей для механизмов. В этой схеме используются четыре основных блока. Первый блок - помпа, которая закачивает жидкость в блок дистилляции. Затем дистиллированная жидкость проходит через следующий блок - блок наполнения, который сочетает лазурит и дистиллированную воду для получения хладагента. Полученный хладагент может быть использован для создания ускорителей для перерабатывающих механизмов.

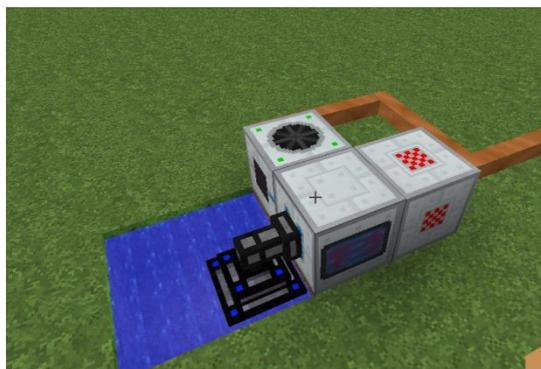


Рисунок 3. Пример схемы создания ускорителей для механизмов

## Выводы

В ходе исследования было установлено, что геймификация учебного процесса при изучении логических операторов с использованием платформы Minecraft Edu демонстрирует значительные преимущества перед

традиционными методами обучения. Учащиеся, занятые геймифицированными образовательными сценариями, проявляют более высокий уровень усвоения материала и большую мотивацию к обучению.

### Литература

7. Акчелов Е.О. Новый подход к геймификации в образовании [Текст]/ Е.О. Акчелов, Е.В. Галанина // Векторы благополучия: экономика и социум. – 2019. – №1(32). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/novyy-podhod-k-geymifikatsii-v-obrazovanii/viewer> (дата обращения 26.04.2024).
8. Исследование рынка онлайн-обучения 2020 [Электронный ресурс]. – URL: <https://research.edmarket.ru/> (дата обращения 26.04.2024). – Режим доступа: «research.edmarket.ru», требуется авторизация.
9. Мерзлякова О.П. Геймификация образовательного процесса как инструмент развития мышления школьников. – 2023. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/geymifikatsiya-obrazovatel'nogo-protssesa-kak-instrument-razvitiya-myshleniya-shkolnikov/viewer> (дата обращения 26.04.2024).
10. IXL. – URL: <https://www.ixl.com/> (accessed 26 February 2024).
11. Программа профессионального обучения Minecraft Education 2023 [Электронный ресурс]. – URL: <https://education.minecraft.net/ru-ru/resources> (дата обращения 26.04.2024).

УДК 004.4, 303.064

## **ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТАРИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ БИЗНЕС-ПРОЦЕССАМИ (НА ПРИМЕРЕ КОМПАНИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ПРАЗДНИКОВ «ГВОЗДЬ»)**

### **WEB APPLICATION AS A TOOL FOR AUTOMATING AND MANAGING BUSINESS PROCESSES (USING THE EXAMPLE OF THE HOLIDAY ORGANIZATION COMPANY "GVOZD")**

Харламова С.А., Зайдуллина С.Г.

Уфимский государственный нефтяной технический университет,  
ул. Космонавтов, 1, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450064, Россия

S.A. Kharlamova, S.G. Zaidullina,

Ufa State Petroleum Technological University,

Kosmonavtov Str., 1, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450064, Russia

e-mail: [sofastroeva1@gmail.com](mailto:sofastroeva1@gmail.com)

**Аннотация.** В статье поднимается вопрос о важности использования современных информационных решений, включая веб-приложения, в сфере организации мероприятий. Авторы отмечают необходимость комплексного подхода к планированию, логистике, маркетингу и финансовому управлению в области ивент-менеджмента. Внедрение веб-приложений приводит к улучшению процессов приема заказов, автоматизации планирования мероприятий, снижению рисков и обеспечению клиентам удобного доступа к информации и обратной связи.

Основная идея статьи заключается в том, что веб-приложения являются мощным инструментом для повышения эффективности бизнес-процессов, улучшения взаимодействия с клиентами и достижения конкурентного преимущества. Авторы подчеркивают, что внедрение веб-приложений в организации мероприятий не только расширяет спектр предоставляемых услуг, но и способствует оптимизации внутренних процессов и созданию уникального клиентского опыта.

На примере компании "Гвоздь" и анализе существующих веб-ресурсов в индустрии организации мероприятий авторы демонстрируют, как успешно интегрированные веб-приложения могут улучшить работу компании, обогатить клиентский опыт и повысить ее конкурентоспособность.

В работе рассматриваются шаги, предпринятые для разработки и внедрения веб-приложения, а также для перехода компании на уровень зрелости 2 по системе CMMI с использованием указанного инструментария.

**Abstract.** The article raises the issue of the importance of using modern information solutions, including web applications, in the field of event management. The authors note the need for an integrated approach to planning, logistics, marketing and financial management in the field of event management. The introduction of web applications leads to improved order acceptance processes, automation of event planning, risk reduction and providing customers with convenient access to information and feedback.

The main idea of the article is that web applications are a powerful tool for improving the efficiency of business processes, improving customer interaction and achieving a competitive advantage. The authors emphasize that the introduction of web applications in the organization of events not only expands the range of services provided, but also helps to optimize internal processes and create a unique customer experience.

Using the example of the company "Gvozd" and the analysis of existing web resources in the event management industry, the authors demonstrate how successfully integrated web applications can improve the company's work, enrich customer experience and increase its competitiveness.

The paper discusses the steps taken to develop and implement a web application, as well as to transition the company to maturity level 2 on the CMMI system using these tools.

**Ключевые слова:** веб-приложение, организация праздников, автоматизация, эффективное управление, хранение информации.

**Keywords:** web application, organization of holidays, automation, effective management, information storage.

В современном мире организация мероприятий становится неотъемлемой частью повседневной жизни общества. Проблема заключается в том, что каждая задача, начиная от коммуникации с заказчиком до проведения мероприятия, требует большого количества инструментов. Согласно исследованию В.Н. Таргоня, И.Г. Проценко и Е.А. Маловой, практически для каждой задачи нужна своя программа или сайт, что усложняет и затягивает процесс организации мероприятий [1]. В условиях стремительного развития технологий и цифровизации бизнес-процессов, внедрение современных информационных решений становится важным аспектом повышения эффективности деятельности большинства компаний.

Организации, ориентированные на будущее, доказали, что тщательно укореняемая культура управления эффективностью является необходимым ключевым бизнес-процессом, позволяющим достичь превосходства над аналогичными компаниями и конкурентами на всех рынках при любых экономических условиях [2]. Компания "Гвоздь" является одним из таких агентств, которое оказывает широкий спектр услуг по организации и проведению мероприятий – от корпоративных вечеринок до свадебных церемоний, а также стремится к регулярному обучению и росту. С учетом стремительного развития информационных технологий и их все большей роли в современном бизнесе, внедрение веб-приложения в деятельность компании "Гвоздь" становится важным шагом для автоматизации бизнес-процессов и повышения конкурентоспособности на рынке. Веб-ресурс важен для любой организации, особенно той, которая продвигает на рынке свои товары или услуги [3]. Отличительной чертой успешных праздничных агентств становится креативный подход к мероприятиям и эффективное использование современных технологий, особенно в области веб-разработки. Веб-приложение для автоматизации бизнес-процессов в организации праздников становится мощным инструментом для повышения эффективности, улучшения взаимодействия с клиентами и достижения конкурентного преимущества на рынке.

Роль веб-приложений в бизнес-процессах организации праздников:

- улучшение клиентского опыта: веб-приложения позволяют создавать интерактивные и интуитивно понятные интерфейсы, что делает процесс выбора и бронирования услуг более удобным и визуально-понятным для клиентов.
- оптимизация операционных процессов: внедрение веб-приложений упрощает внутренние операции, такие как управление заказами, планирование мероприятий и взаимодействие с персоналом.

- повышение эффективности маркетинга: веб-приложения предоставляют инструменты для анализа данных и поведения клиентов, что позволяет создавать персонализированные маркетинговые стратегии и улучшать взаимодействие с аудиторией.

- укрепление конкурентоспособности: компании, оснащенные современными веб-приложениями, предоставляют клиентам уникальный и современный опыт, что способствует привлечению новых клиентов и удержанию существующих.

Веб-приложение для компании "Гвоздь" не только предоставляет инструменты для онлайн-взаимодействия с клиентами, но и позволяет оптимизировать операционные процессы, улучшить маркетинговые стратегии и обеспечить уникальный клиентский опыт. Оптимизация внутренних операционных процессов компании стало ключевым результатом, снижая трудозатраты на управление заказами, координацию мероприятий и взаимодействие с персоналом. Внедрение системы онлайн-бронирования и управления мероприятиями ускорило весь цикл проведения праздников, что привело к повышению эффективности работы компании.

Практическая значимость проекта также проявилась в создании уникального клиентского опыта, поддерживаемого персонализированными решениями и взаимодействием через веб-приложение. Комбинирование удобства использования и инновационных функций приложения сделало компанию "Гвоздь" привлекательной для современных потребителей.

Одним из ключевых этапов разработки веб-приложения для компании является обзор существующих решений в данной области (таблица 1). Данный обзор направлен на выявление передовых технологий, инструментов и функциональных возможностей, которые используются в сфере организации праздников. Анализ существующих решений помог выделить лучшие практики, определить потенциальные преимущества и недостатки конкурентов, а также сформировать базу для разработки веб-приложения.

При обзоре аналогов веб-ресурсов в сфере организации мероприятий были выявлены различные подходы к представлению информации и взаимодействию с посетителями. Сформулированы выводы о балансе и гармонии между креативным дизайном, четкой структурой информации, интерактивными элементами и легкостью навигации; при разработке следует избегать определенных ошибок, таких как излишняя перегруженность контентом или устаревшая информация, и уделить внимание ключевым элементам, таким как формы обратной связи. Регулярное обновление контента, соответствие дизайна и контента тематике бизнеса, а также сбалансированное использование видео помогут создать привлекательное веб-приложение, способное успешно конкурировать и удовлетворять потребности клиентов.

Таблица 1. Преимущества и недостатки существующих аналогичных веб-ресурсов

Название	Преимущества	Недостатки
Ведущая из Уфы	Наличие блока знакомства, портфолио, фото с мероприятий, регалии ведущей; наличие предложения бронирования на проведение новогодних мероприятий; несколько вариантов способов связи	Несоразмерные кнопки целевого действия, избыток видео, устаревшие отзывы и дизайн, который, хотя ассоциируется с веселым, но не всегда соответствует современным тенденциям или классике. сайт склонен к более информативному, чем функциональному, характеру
Event-агентство	Обширный спектр услуг, интерактивное взаимодействие через тест для расчета стоимости, стильный и современный дизайн, а также портфолио с партнерами известных организаций.	Видео на первом экране низкого качества и избыток информации
Организация тематических командных игр	Проработанная структура; примеры вопросов, которые будут на игре; нестандартные анимации; тематическое распределение игр	Яркий красный фон; наличие кнопок без перенаправления к следующему шагу; не поддерживается актуальность информации

До реализации веб-приложения организация "Гвоздь" активно привлекала аудиторию через социальные сети и рекомендации клиентов, которые уже воспользовались услугами. Однако, процесс записи клиентов и учета предстоящих мероприятий осуществлялся вручную на бумаге и в таблицах Excel. Это приводило к неудобствам как для клиентов, так и для сотрудников организации. Отсутствие единого и удобного представления услуг с направлениями и ценами затрудняло процесс выбора и бронирования программ. Организация рабочих процессов до разработки веб-приложения представлена на UML диаграмме (рисунок 1).

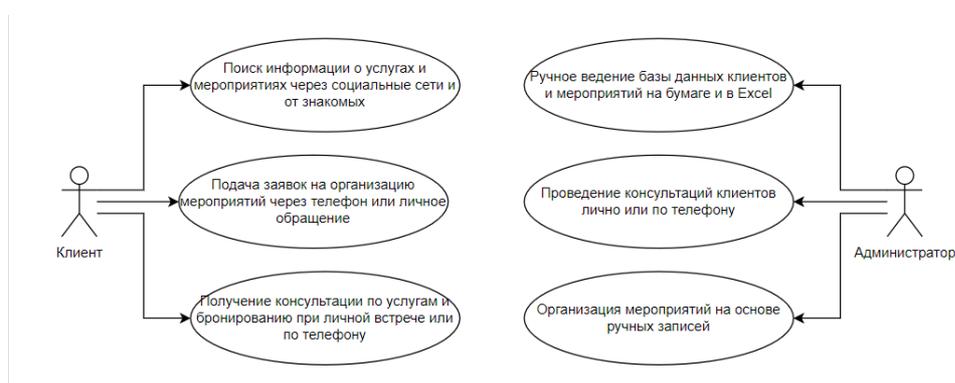


Рисунок 17. Организация рабочих процессов до разработки веб-приложения

Внедрение веб-приложения позволило структурировать данные, сократить время на консультации клиентов и предоставление информации, а также улучшить визуальное восприятие предлагаемых услуг. После внедрения веб-приложения диаграмма использования включает 3 группы пользователей (неавторизованный посетитель сайта, авторизованный клиент и администратор) с разграничением функциональных возможностей (рисунок 2).

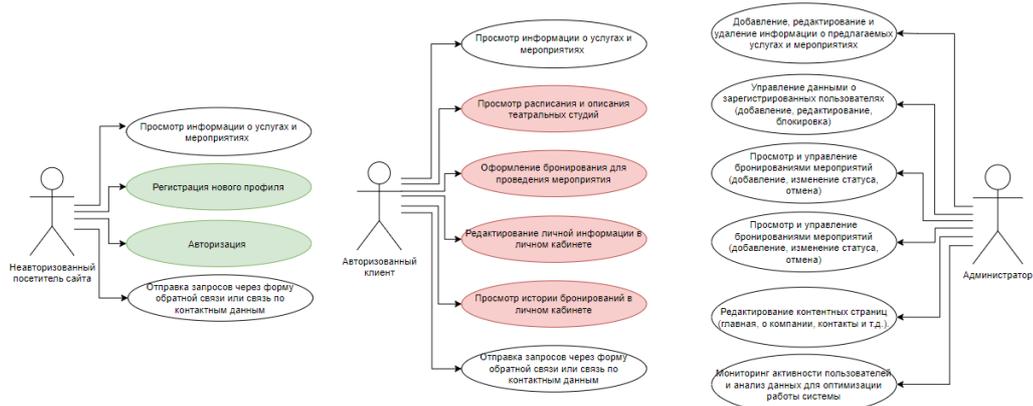


Рисунок 2. Диаграмма использования

На этапе проектирования был создан дизайн интерфейсов с учетом особенностей UI/UX дизайна и других исследований, посвященных восприятию информации пользователем веб-сервиса, так как каждый цвет обладает уникальной энергетикой и воздействует на пользователей по-разному. Например, синий вызывает чувство спокойствия, а красный – может вызывать яркие эмоциональные реакции или приводить к быстрой утомляемости наблюдающего [4]. Не менее важной задачей являлось – отобразить философию и деятельность компании «Гвоздь» за счет средств выразительности. Например, яркие живые фотографии (рисунок 3) органично смотрятся в красочном разработанном интерфейсе с акцентом на широкий спектр эмоций человека в балансе с монохромным черным цветом.



Рисунок 3. Дизайн главного экрана и блока «детские праздники»

Внедрение данного веб-приложения предоставляет клиентам возможность бронирования услуг онлайн, упростит процесс планирования и выбора услуг для праздников, обладает удобным интерфейсом для взаимодействия с клиентами и предоставления информации о доступных услугах. Кроме того, сохранит безопасность данных пользователей и конфиденциальность информации.

С точки зрения бизнеса, внедрение данного веб-приложения является инструментом для автоматизации и оптимизации процессов бронирования и консультирования клиента, что является значительным этапом в ходе планирования праздника. Для компании «Гвоздь» собственное веб-приложение является частью перехода на новый уровень организации компании. Определить уровень зрелости компании можно с помощью различных методик и инструментов анализа. Например, можно использовать модели зрелости, такие как модель СММІ (Capability Maturity Model Integration), которая оценивает зрелость процессов в организации по шкале от начального уровня до оптимизирующего [5].

Для компании, занимающейся организацией праздников, внедрение веб-приложения является ключевым инструментом в этом процессе. Оно позволяет компании "Гвоздь" структурировать свои процессы, улучшить коммуникацию внутри коллектива и с клиентами, а также повысить уровень обслуживания. Учитывая, что сотрудники данной отрасли обладают творческим мышлением и часто склонны к неструктурированным методам работы, внедрение структуры и повышение уровня организационной зрелости является ключевым для обеспечения эффективного управления и получения прибыли.

Внедрение веб-приложения является неотъемлемой частью процесса перехода компании "Гвоздь" на новый уровень зрелости – 2 по системе СММІ. Этот инструмент способствует систематизации процессов, повышению качества обслуживания клиентов и улучшению эффективности работы, что позволяет компании оставаться конкурентоспособной и успешно развиваться.

## **Выводы**

Внедрение веб приложения для компании по организации праздников «Гвоздь» способствовало:

1) оптимизации бизнес-процессов; работы с данными о бронированиях и клиентах в централизованной базе данных сократила временные затраты на обработку информации, что повысило оперативность и точность работы сотрудников;

2) повышению удобства для пользователей; клиенты компании получили более быстрый и удобный доступ к услугам и информации. Улучшение пользовательского опыта и возможность онлайн-бронирования позволили улучшить качество обслуживания и удовлетворенность клиентов;

3) привлечению новых клиентов и увеличению прибыли компании. Настройка контекстной рекламы и увеличение видимости в поисковых системах привели к увеличению числа обращений и бронирований.

## Литература

1. Таргоний В.Н., Проценко И.Г., Малова Е.А. Внедрение web-приложения для организации мероприятий // Развитие теории и практики управления социальными и экономическими системами. 2022. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-web-prilozheniya-dlya-organizatsii-meropriyatiy> (дата обращения: 01.12.2023).
2. Марк Грэм Браун. За рамками сбалансированной системы показателей. Как аналитические показатели повышают эффективность управления компанией. – М.: Олимп-Бизнес, 2012. – 224 с.
3. Волкова В.Р., Чернова С.В. Перспективность веб-приложений // Экономика и социум. 2016. №1 (20). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivnost-veb-prilozheniy> (дата обращения: 11.03.2024). 2 What is an "Internet forum"? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://web.archive.org/web/20081011092536/http://www.videojug.com/expertanswer/internet-communities-and-forums-2/what-is-an-internet-forum> (дата обращения 07.03.2024).
4. Старикова Анастасия Юрьевна Воздействие на зрителя цветовыми приёмами в рекламе // StudNet. 2021. №9. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozdeystvie-na-zritelya-tsvetovymi-priyomami-v-reklame> (дата обращения: 11.03.2024).
5. Кац Борис Арнольдович. Модели зрелости и их применение Ч.1 // Центр профессиональных компетенций ТОиР. 2023. URL: <https://toir.pro/local/crw/course.php> (дата обращения: 11.03.2024).

УДК 004.855.5

## АЛГОРИТМ ОБУЧЕНИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ «ДЕЛЬТА-ПРАВИЛО С УСЕЧЕНИЕМ»

## NEURAL NETWORK LEARNING ALGORITHM "DELTA RULE WITH TRUNCATION"

Хлыбов А.В, Бондарев М.С., Гиниятуллин В.М.,  
Зарипов Д.М., Салихова М.А., Шаякберов Э.В.  
ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной  
технический университет»,  
г. Уфа, Российская Федерация

A.V. Khlybov, M.S. Bondarev, V.M. Giniyatullin,  
D.M. Zaripov, M.A. Salikhova, E.V. Shayakberov  
FSBEI HE "Ufa state petroleum technological university",  
Ufa, Russian Federation

e-mail: fentazer@mail.ru

**Аннотация.** В данной работе показано, что, используя троичные пороговые функции активации, в явном виде, можно любой набор данных можно представить линейно разделимым, пока только для задач классификации. Процедура обучения нейронных сетей «дельта правило» была изменена соответствующим образом в вариант «дельта правило с усечением». Каждый из нейронов разделяет обучающую выборку на целевую категорию, обозначается как TRUE, противоположную, обозначается как FALSE и промежуточную, обозначается как ZERO. Экземпляры выборки, попавшие в целевую и противоположные категории, считаются опознанными и в дальнейших вычислениях не участвуют. Следующий нейрон работает только с экземплярами, попавшими в категорию ZERO. Таким образом гарантируется сходимость алгоритма, детерминированность обеспечивается отказом от использования генераторов случайных чисел. Приведен подробный пример обучения на датасете forest. В обученной нейронной сети имеется только один слой нейронов, работающих последовательно, а вместо выходного слоя используются правила логического вывода вида ifelseif. На пяти датасетах продемонстрирована возможность переноса ошибочных экземпляров из тестовой выборки в обучающую с переобучением. В результате можно добиться 100 процентного распознавания тестовой выборки.

**Abstract.** In this paper, it is shown that using ternary activation threshold functions, explicitly, any data set can be represented linearly separable, so far only for classification problems. The "delta rule" neural network training procedure has been changed accordingly to the "delta rule with truncation" option. Each of the neurons divides the training sample into a target category, denoted as TRUE, the opposite, denoted as FALSE and the intermediate, denoted as ZERO. The sample instances that fall into the target and opposite categories are considered identified and do not participate in further calculations. The next neuron works only with instances that fall into the ZERO category. Thus, the convergence of the algorithm is guaranteed, determinism is ensured by the rejection of the use of random number generators. A detailed example of training on the forest dataset is provided. In a trained neural network, there is only one layer of neurons working sequentially, and instead of the output layer, logical inference rules of the form if else if are used. On five datasets, the possibility of transferring erroneous instances from a test sample to a training one with retraining is demonstrated. As a result, you can achieve 100 percent recognition of the test sample.

**Ключевые слова:** нейронная сеть, функция активации, троичная логика, дельта-правило, датасет.

**Keywords:** neural network, activation function, ternary logic, delta rule, dataset.

Невоспроизводимость результатов работы нейронных сетей может быть критичной в принятии жизненно важных решений. Основой «черного ящика», который они представляют, является применение случайных начальных приближений векторов весов обучения. Поскольку современные архитектуры могут содержать сотни и тысячи обучаемых элементов, результат вычисления становится непрозрачным и затруднителен для какой-либо интерпретации [1, 2]. С накоплением данных для обработки растет непредсказуемость сложных структур нейронных сетей [3]. Исправление возникающих ошибок в какой-то момент может достичь предельной точки, когда уже потребуется недостижимое количество времени и ресурсов.

Цель настоящего исследования состояла в разработке алгоритма обучения нейронных сетей. Модифицированная процедура обучения получила название «дельта-правило с редукцией». Со времен Розенблатта известно, что классическое дельта-правило гарантированно сходится на линейно разделимых множествах [4]. Покажем, что с помощью пороговых троичных функций активации [5] любой датасет можно привести к линейно разделимому виду (рисунок 1).

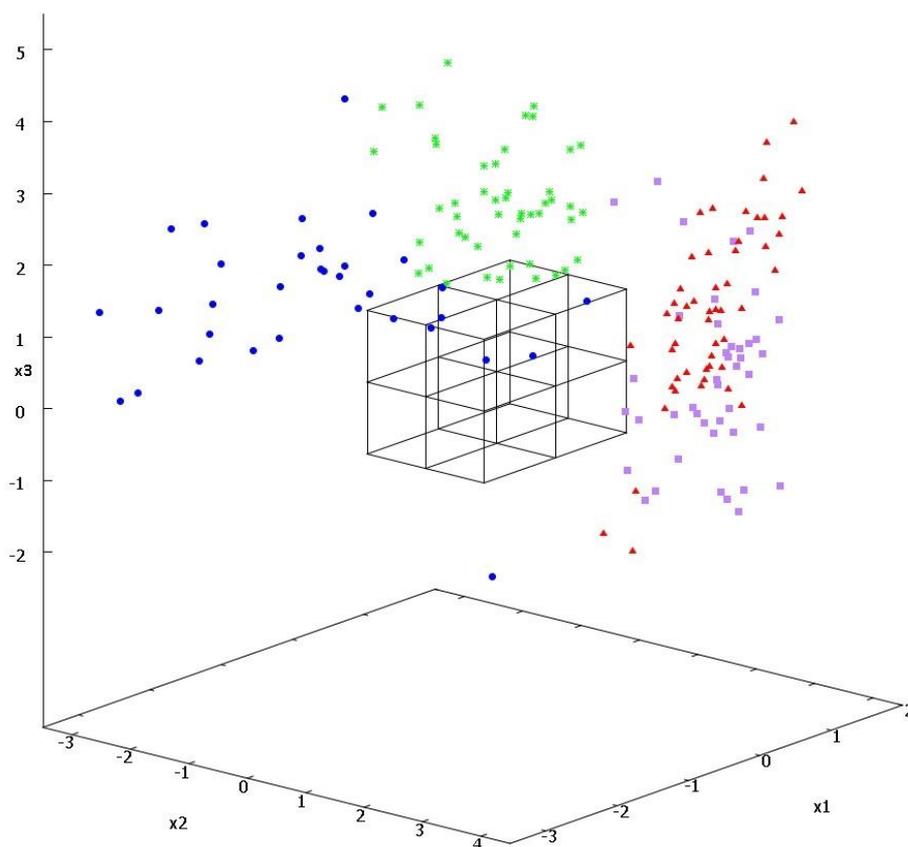


Рисунок 1. Обучающая выборка в n-мерном пространстве

Введем понятие разделяющего коридора. В геометрической интерпретации обучающая выборка – это размещенные в  $n$ -мерном пространстве разноцветные точки (рисунок 1). Цвет точек символизирует принадлежность к некоторому классу, координаты задаются входными параметрами экземпляра набора данных. Очевидно, что всегда можно найти такой разделяющий коридор, что «правее» его «правой стенки» расположено некоторое количество точек одного цвета, назовем это множество «целевым» классом. «Противоположным» классом называется множество точек одинакового цвета, расположенных «левее» «левой стенки» разделяющего коридора.

Разделяющий коридор формализуется с помощью уравнения первого порядка (это веса уединенного нейрона). Скалярное произведение вектора входных параметров на веса нейрона даёт дробное значение, для экземпляров целевого класса оно больше  $+1$ , в терминах троичной логики это TRUE, кодируется  $+1$ , экземпляры противоположного класса имеют скалярное произведение меньше  $-1$ , это FALSE, кодируется  $-1$ . Скалярное произведение всех остальных экземпляров находятся в диапазоне  $]-1, +1[$ , это неопределенность ZERO, кодируется  $0$ . Таким образом, разделяющий коридор отсекает от набора данных некоторое количество экземпляров. Другими словами, одиночный нейрон гарантированно распознаёт строки обучающей выборки как принадлежащие к «своему» целевому классу, к «своему» противоположному классу и неопознанному им классу.

Неопознанный класс – есть усеченная (редуцированная) обучающая выборка для следующего нейрона. Последовательно усекая размер обучающей выборки, за конечное количество шагов можно получить матрицу весов нейронного слоя, этот слой содержит достаточное количество нейронов, на выходе он формирует  $n$ -мерную троичную функцию.

Рассмотрим процедуру обучения нейронной сети на примере набора данных forest. Содержит данные дистанционного зондирования лесистой местности в некотором районе Японии. Имеется 198 строк с 27 входными параметрами, принадлежащими к четырем классам d, h, o и s:

- s (лес Sugi);
- h (лес Hinoki);
- d (смешанный лиственный лес);
- o (другие нелесные земли).

В качестве атрибутов выступают спектральные данные.

Датасет разделим на обучающую, 178 строк и тестовую 20 строк выборки. В обучающей выборке к классу d принадлежит 48 строк, к классу h принадлежит 44 строки, к классу o принадлежит 34 строки, к классу s принадлежит 52 строки. Первый нейрон целевым классом полагает класс s и отсекает от него 50 строк. Противоположный класс – это класс o от него отсекается 27 строк. Усеченная обучающая выборка для второго нейрона содержит 48 строк класса d, 44 строки класса h, 7 строк класса o и 2 строки класса s. Второй нейрон в целевом классе h отсекает все 44 строки, в

противоположном классе  $o$  отсекается 2 строки. Обучающая выборка третьего нейрона содержит 48 строк класса  $d$ , 5 строк класса  $o$  и 2 строки класса  $s$ . Эта выборка линейно разделима в терминах троичной логики.

Представленная нейронная сеть имеет всего один слой нейронов, он сокращает 27-ми мерное пространство входа до 3-х мерного (рисунок 1), функции активации нейронов троичные пороговые. Вместо выходного слоя формируется правило логического вывода следующего вида:

если скалярное произведение 1 нейрона  $< -1$ , тогда это класс  $o$   
 иначе если скалярное произведение 1 нейрона  $> +1$ , тогда это класс  $s$   
 иначе если скалярное произведение 2 нейрона  $< -1$ , тогда это класс  $o$   
 иначе если скалярное произведение 2 нейрона  $> +1$ , тогда это класс  $h$   
 иначе если скалярное произведение 3 нейрона  $< -1$ , тогда это класс  $s$   
 иначе если скалярное произведение 3 нейрона  $> +1$ , тогда это класс  $d$   
 иначе это класс  $o$ .

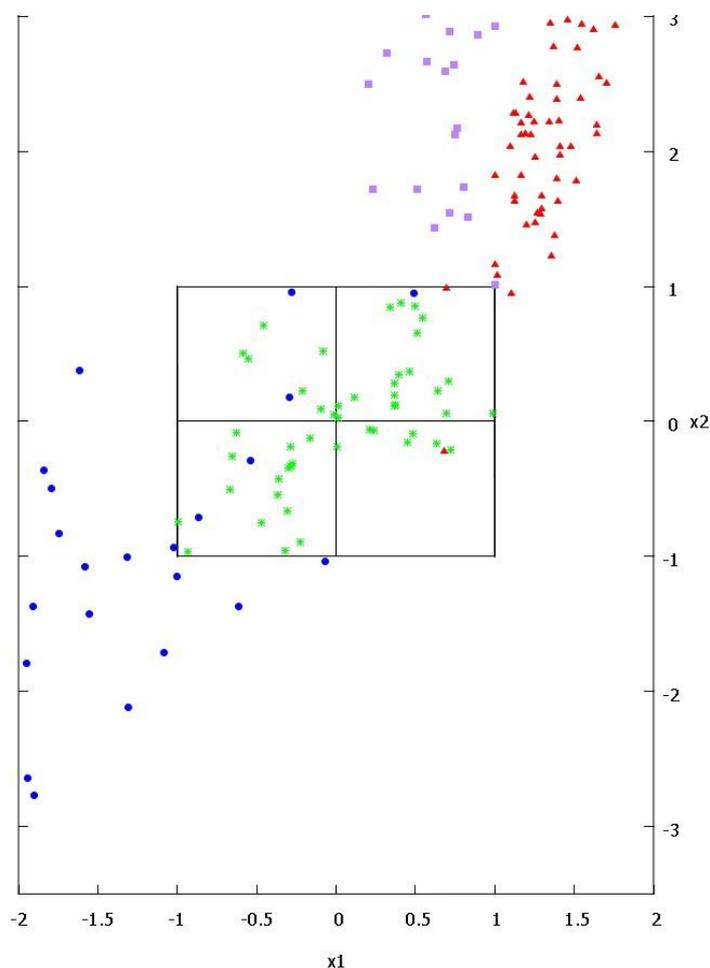


Рисунок 2. 2D проекция первый-второй нейрон

На рисунке 2 приведена двухмерная проекция выхода нейронного слоя. По оси  $x_1$  отложены скалярные произведения первого нейрона, по оси  $x_2$  отложены скалярные произведения второго нейрона. Класс  $d$  обозначен «зелеными снежинками», класс  $h$  обозначен «пурпурными квадратами», класс  $o$  обозначен «синими кругами», класс  $s$  обозначен «красными треугольниками».

Из рисунка видно, что в диапазон  $]-1, +1[$  по оси  $x_1$  попадают 2 экземпляра класса  $s$  (красные треугольники), 7 экземпляров класса  $o$  (синие круги). Все экземпляры класса  $d$  (зеленые снежинки) попадают в диапазон  $]-1, +1[$  по оси  $x_1$  и оси  $x_2$  (в единичный куб). Все экземпляры класса  $h$  (пурпурные квадраты) расположены «левее»  $+1$  по оси  $x_1$  и «выше»  $+1$  по оси  $x_2$ . На рисунке 4.3 приведена двухмерная проекция усеченной выборки для второго нейрона. По оси  $x_2$  отложены скалярные произведения второго нейрона, по оси  $x_3$  отложены скалярные произведения третьего нейрона. Из рисунка следует, что второй нейрон отсекает все экземпляры класса  $h$  - пурпурные квадраты больше  $+1$  по горизонтали, и 2 экземпляра класса  $o$  - 2 синих круга меньше  $-1$ . Третий нейрон отсекает все экземпляры класса  $d$  - зеленые снежинки больше  $+1$  по вертикали, 2 экземпляры класса  $s$  - 2 красных треугольника меньше  $-1$ , и 5 экземпляров класса  $o$  - 5 синих кругов в диапазоне  $]-1, +1[$ .

Процесс обучения нейронной сети с использованием дельта-правила с редукцией – это процесс детерминированный и гарантированно сходящийся. Например, для обучающей выборки набора данных *forest* можно получить нейронную сеть, которая не имеет ошибок на тестовой и обучающей выборках путем переноса ошибочных экземпляров из тестовой выборки в обучающую. В результате первого обучения имеется нейронная сеть из восьми нейронов, содержащая две ошибки на тестовой выборке (экземпляры № 12 и 92). Переносим экземпляры в обучающую выборку в конец, проводим обучение. На втором обучении количество нейронов сократилось до семи, на тестовой выборке имеется одна ошибка (экземпляр № 10). Соответствующий ошибочный экземпляр переносится в обучающую выборку. На третьем обучении количество нейронов вновь возросло до восьми, при этом количество ошибок на тестовой выборке осталось равным 1 (экземпляр №125). В результате четвертого, последнего обучения структура нейронной сети содержит семь нейронов, на тестовой и обучающей выборках ошибок не содержится. Интересным вопросом является мера близости нейронных сетей с ошибками и без [6].

Разработанная процедура обучения гарантированно сходится. В таблице 1 представлены 5 датасетов для которых удалось довести процент распознавания тестовой выборки до 100%. В первом столбце краткое название датасета и ссылка на него, во втором столбце количество ошибочных нейронов обученной нейронной сети. Перемещая ошибочные экземпляры из тестовой в обучающую можно добиться стопроцентного распознавания тестовой выборки. Для датасетов *glass*, *kahraman* и *forest* потребовался один перенос (8, 1 и 2 ошибочных экземпляра соответственно), а для датасетов *ecoli* и *seeds* по 3 переноса.

Таблица 1. Результаты обучения

Выборка	Количество ошибок	Количество нейронов
forest	2 из 21	5
<a href="https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Forest+type+mapping">https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Forest+type+mapping</a>	0 из 19	5
seeds	2 из 22	4
	3 из 20	5
	1 из 17	4
<a href="https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/seeds">https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/seeds</a>	0 из 16	4
kahraman	1 из 27	6
<a href="https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/User+Knowledge+Modeling">https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/User+Knowledge+Modeling</a>	0 из 26	7
ecoli	11 из 35	25
	3 из 24	21
	1 из 21	24
<a href="https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/ecoli">https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/ecoli</a>	0 из 20	23
glass	8 из 22	30
<a href="https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/glass+identification">https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/glass+identification</a>	0 из 14	31

Очевидно, что в предельном случае, переместив все экземпляры тестовой выборки в обучающую, можно гарантировать абсолютную безошибочность обучения. Однако обучая нейронную сеть на полной выборке, во-первых, можно попасть в ситуацию переобучения, а во-вторых, на действительно больших датасетах из категории BigData, повторяющиеся переобучения могут оказаться чрезмерно затратными. Кроме того, необходимо дополнительно изучить прогностическую способность обсуждаемых нейронных сетей [7].

## Выводы

Для задач классификации создан детерминированный алгоритм обучения нейронных сетей, который сходится всегда. Использование троичной логики в явном виде при обучении нейронных сетей оправдано. Нейронная сеть, обученная таким образом формально является однослойной, т.к. на вход каждого нейрона подаются именно экземпляры обучающей выборки. Однако

нейроны работают последовательно, если текущий нейрон выдал не нулевой результат, то результаты работы последующих нейронов игнорируются.

### Благодарности

Работа выполнена при поддержке гранта «Открытая библиотека wideLearning для поиска архитектуры искусственной нейронной сети с использованием дискретизированных сверточных слоев и комплекснозначных алгебр» договор №19ГУКодИИС12-D7/76725 23.05.2022 г. от Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

### Литература

1. Коробченко Д., NVIDIA: Нейросети как «черный ящик», они очень прожорливы [Электронный ресурс]. URL: <https://hightech.fm/2018/04/30/neuronets> (дата обращения: 25.04.2024).
2. Кузнецов А.Г., Туманности нейросетей: «Черные ящики» технологий и наглядные уроки непрозрачности алгоритмов // Социология власти, 2020 - №2. - С. 157-182.
3. Анохин К.В., Современный искусственный интеллект - это "черный ящик" [Электронный ресурс]. URL: <https://rg.ru/2020/10/20/akademik-anohin-sovremennyj-iskusstvennyj-intellekt-eto-chernyj-iashchik.html> (дата обращения: 25.04.2024).
4. Розенблатт Ф., Принципы нейродинамики: перцептроны и теория механизмов мозга = Principles of Neurodynamic: perceptrons and the theory of brain mechanisms. — М.: «Мир», 1965.
5. Габитов Р.Н., Габитова Я.А., Гиниятуллин В.М., Филиппов В.Н. ЭЛЕКТРОННЫЙ КЛЮЧ ЗАЩИТЫ С ФУНКЦИОНАЛЬНОСТЬЮ ТРОИЧНОГО СОПРОЦЕССОРА Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. 2015. № 2. С. 385-396.
6. Гиниятуллин В.М., Салихова М.А., Хлыбов А.В., Чурилов Д.А., Чурилова Е.А. ОЦЕНКА СЕМАНТИЧЕСКОЙ БЛИЗОСТИ МЕЖДУ КРИТЕРИЯМИ ОЦЕНИВАНИЯ В РАБОЧИХ ПРОГРАММАХ ВУЗА Современные наукоемкие технологии. 2021. № 1. С. 12-19.
7. Арсланов И.Г., Дмитриев Г.Ю., Гиниятуллин В.М., Зайцева А.А., Кирлан С.А. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ С КОМПЛЕКСОМ НЕОБХОДИМЫХ СВОЙСТВ Башкирский химический журнал. 2015. Т. 22. № 2. С. 80-85.

УДК 004.8

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ  
С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

**ENSURING THE RELIABILITY OF INFORMATION SYSTEMS WITH THE  
HELP OF MODERN ARTIFICIAL INTELLIGENCE TECHNOLOGIES**

Шундеев А.В., Саблин Д.П., Файзуллин А.Р.,  
Глущенко В.А., Шленкин Д.В., Ковтуненко А.С.,  
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,  
г. Уфа, Российская Федерация  
A.V. Shundeev, D.P. Sablin, A.R. Fayzullin,  
V.A. Glushchenko, D.V. Shlenkin, A.S. Kovtunenکو,  
FSBEI HE «Ufa University of Science and Technology»,  
Ufa, Russian **Federation**

e-mail: artem\_shundeev@mail.ru, amir.fayzullin@gmail.com, val\_g\_2001@bk.ru,  
kot.dima2011@yandex.ru, sa8.sab@yandex.ru, askovtunenکو@mail.ru.

**Аннотация.** В наше время организации сталкиваются с постоянным ростом объема данных, что повышает вероятность возникновения ошибок и сбоев в работе баз данных. Традиционные подходы к мониторингу и анализу данных часто неспособны обеспечить эффективное реагирование, особенно в условиях необходимости постоянного поддержания стабильной работы системы. Отсутствие средств для оперативного выявления аномалий может привести к серьезным последствиям, включая потерю данных и недоступность услуг для пользователей. Утрата доступа к информации может нанести непоправимый ущерб бизнесу, включая потерю доверия клиентов, финансовые убытки и подрыв репутации компании. Таким образом, возрастает потребность в инновационных решениях для надежного мониторинга и обеспечения безопасности баз данных.

Наш сервис предлагает простое и эффективное решение для контроля состояния баз данных, используя передовые технологии искусственного интеллекта. Мы автоматически обнаруживаем аномалии и сбои, сообщая специалистам о необходимости незамедлительного вмешательства. При этом наш сервис предлагает несколько вариантов решений для быстрого восстановления базы данных и минимизации возможных убытков для бизнеса.

Наша платформа основана на глубоком анализе данных и алгоритмах машинного обучения, что обеспечивает повышенную точность выявления аномалий и надежность работы системы.

**Abstract.** Nowadays, organizations are faced with a constant increase in the volume of data, which increases the likelihood of errors and failures in the operation of databases. Traditional approaches to data monitoring and analysis are often unable to provide an effective response, especially when there is a constant need to maintain stable system operation. The lack of funds to promptly identify anomalies can lead to serious consequences, including data loss and unavailability of services for users. Loss of access to information can cause irreparable damage to the business, including loss of customer trust, financial losses and damage to the company's reputation. Thus, there is an increasing need for innovative solutions for reliable database monitoring and security.

Our service offers a simple and effective solution for monitoring the state of databases using advanced artificial intelligence technologies. We automatically detect anomalies and failures, informing specialists for immediate intervention. At the same time, our service offers several solutions to quickly restore the database and minimize possible losses for the business.

Our platform is based on deep data analysis and machine learning algorithms, which provides increased accuracy in detecting anomalies and reliability of the system.

**Ключевые слова:** мониторинг, базы данных, ошибки, сбои, автоматическая реакция, оповещение, автоматизация.

**Keywords:** monitoring, databases, errors, failures, automatic response, notification, automation.

## **Введение**

В современном мире, где компании зависят от своих баз данных как от жизненно важных ресурсов, обеспечение их стабильной работы становится актуальной задачей. Однако, даже при максимальном внимании к инфраструктуре и процессам управления, технические сбои и аномалии в работе баз данных остаются неизбежными и могут привести к серьезным последствиям.

Исторические прецеденты, такие как инцидент с Knight Capital Group в 2012 году, являются живым напоминанием о катастрофических последствиях, которые могут возникнуть из-за недостаточного мониторинга и позднего реагирования. Потери в размере сотен миллионов долларов и угроза банкротства компании являются лишь вершиной айсберга в контексте потенциальных ущербов, которые могут нанести технические сбои в системах управления базами данных.

Кроме того, в контексте современного законодательства, требования к защите персональных данных становятся все более строгими. Утечка информации из-за сбоя в работе баз данных может привести к серьезным санкциям и угрозам для компаний, оказавшихся в центре таких инцидентов.

В этом контексте возникает необходимость в разработке инновационных решений для непрерывного мониторинга и обеспечения надежности и стабильности работы баз данных. Подход, основанный на передовых технологиях искусственного интеллекта и машинного обучения, представляет собой перспективное направление для решения подобных проблем. Именно здесь зарождается наша идея создания сервиса, способного автоматически выявлять аномалии и сбои в работе баз данных, оперативно реагировать на них и минимизировать возможные риски для компаний.

В данной статье мы рассмотрим проблематику недостаточного мониторинга и обработки данных в контексте современной бизнес-среды, выявим основные вызовы и угрозы, с которыми сталкиваются компании, и представим концепцию нашего инновационного сервиса, направленного на решение этих проблем.

### **Существующие аналоги**

1. DataDog: это облачная платформа, предоставляющая продукты для мониторинга работы серверов, баз данных и в целом сетевой инфраструктуры. Стоимость сервиса мониторинга баз данных начинается от 6510 рублей в месяц за один хост базы данных. Однако, данный сервис ориентирован лишь на анализ оптимальности запросов к базам данных, а также у этого решения есть сложности с оплатой из Российской Федерации.

2. NewRelic: это еще одно облачное программное обеспечение, позволяющее отслеживать взаимодействие с пользователем и производительность программного обеспечения. Одним из предлагаемых продуктов является инструмент для мониторинга баз данных, который, как и в случае с DataDog, ориентирован на анализ оптимальности запросов к базам данных. Стоимость начинается от 9207 рублей в месяц за одного пользователя в пакете «Standard», при этом деятельность на территории Российской Федерации приостановлена.

3. Prometheus: это бесплатное программное приложение для мониторинга и оповещения о событиях. Оно записывает метрики в базу данных временных рядов и обладает гибкими запросами и оповещениями в реальном времени.

### **Уникальность нашего решения**

– Повышенная автоматизация процесса мониторинга: Наше решение предлагает создание пользовательских сценариев реагирования на различные причины выхода из строя сервиса базы данных, непрерывный мониторинг состояния БД при помощи технологии искусственного интеллекта и модуль рекомендаций для восстановления штатного функционирования БД на основе анализа метрик и логов.

– Модуль иммунной системы: Наша система основана на технологии искусственного интеллекта для предсказания возможных проблем с безопасностью. Система самообучаема и адаптивна к новым ситуациям.

– Локальное развертывание ПО: Наше программное обеспечение разворачивается у заказчика, что исключает угрозу отключения и компрометации конфиденциальной информации заказчика.

### **Предлагаемое решение**

Наше решение направлено на решение множества ключевых проблем, с которыми сталкиваются пользователи при управлении и обслуживании баз данных:

1. Сокращение времени простоя серверов баз данных: Наше решение предлагает эффективные механизмы мониторинга и обнаружения аномалий, что позволяет оперативно реагировать на потенциальные угрозы и сокращать время простоя серверов. Выделяя эту проблему, мы основываемся на данных и статистике из открытых источников, которые позволяют нам понять важность этой проблемы для пользователей.

2. Обработка непредвиденных ошибок и состояний: Наш сервис использует инновационные методы построения иммунной системы и нейросетевых алгоритмов для оперативного реагирования на происшествия и предсказания потенциальных угроз. Это позволяет сократить среднее количество отказов от непредвиденных факторов и увеличить количество детектируемых событий.

3. Быстрое реагирование на происшествия: Наше решение обеспечивает быстрое реагирование на происшествия во время ошибок или падений кластеров баз данных благодаря интеграции системы, способной анализировать большой объем трафика и обнаруживать проблемы заранее

4. Анализ метрик кластеров баз данных: Наш сервис предоставляет компаниям возможность интегрировать нашу систему в их инфраструктуру, что позволяет эффективно анализировать метрики и поведенческие паттерны пользователей. Мы упрощаем процесс вывода кастомных метрик пользователя и решаем проблему трансфера метрик с Prometheus, что делает анализ данных более эффективным и удобным для пользователей.

Наше решение направлено не только на стабильность работы баз данных, но и на повышение эффективности и безопасности бизнес-процессов компаний в целом, что делает его значимой частью современной инфраструктуры.

### **Техническое решение проекта**

Техническая концепция проекта состоит из трех модулей, обеспечивающих покрытие всех возможных ошибок и аномалий:

1. Известные ошибки (Мастерская сценариев): Этот модуль занимается отслеживанием известных ошибок, которые могут возникнуть во время

стабильной работы системы. Он также обрабатывает определенные триггеры, которые пользователь хочет отслеживать. Например, этот модуль может обнаружить наплыв посетителей на ресурс заказчика, предупредив сотрудников компании о возросшей нагрузке на сервера и предложив решение для снижения нагрузки.

2. Неизвестные ошибки (Ансамбли ML-моделей): Этот модуль отвечает за обнаружение неожиданных ошибок, которые не были предвидены. Например, если один из серверов внезапно перестает отвечать, модуль быстро обнаруживает эту ситуацию и предпринимает необходимые действия для восстановления работы системы.

3. Иммунная система (Самообучающаяся мультиагентная система): Данный модуль предотвращает нестабильности работы кластеров баз данных. С помощью механизма самообучения и анализа поведения, он строит сложные взаимосвязи между ошибками и их источниками, обеспечивая высокую устойчивость и надежность работы всей системы.

Для обеспечения удобного и информативного взаимодействия с пользователями, планируется использование LLM-модели, которая будет предоставлять дополнительные комментарии и рекомендации, повышая уровень обслуживания и удовлетворенности пользователей.

### **Преимущества выбранного технического решения**

– Универсальность для множества отраслей: Архитектура решения позволяет его легко интегрировать с различными заказчиками с минимальными изменениями и настройками.

– Легкая масштабируемость: Решение легко масштабируется для увеличения мощности без особых усилий и изменений в архитектуре проекта благодаря системе контейнеризации.

### **Имеющийся задел для реализации проекта**

Команда успешно провела научно-исследовательские работы, демонстрирующие потенциал данной концепции. Была проведена оценка применимости различных нейросетевых моделей и выявлено несколько архитектур, которые эффективно решают поставленные задачи. Эти исследования вызвали интерес со стороны бизнеса и дали основания для дальнейшей разработки проекта.

### **Выводы**

Наш проект сейчас находится на стадии PRE-SEED и готовится к дальнейшему развитию. Мы представляем инновационную систему мониторинга баз данных, основанную на передовых технологиях искусственного интеллекта. Наша команда провела научные исследования,

демонстрирующие потенциал данной концепции. Мы стремимся создать универсальный и легко масштабируемый инструмент, способный повысить эффективность и безопасность бизнес-процессов.

### **Литература**

1. Cloud failure prediction based on traditional machine learning and deep learning 2022 [Электронный ресурс]. – URL: <https://journalofcloudcomputing.springeropen.com/articles/10.1186/s13677-022-00327-0#Sec27> (дата обращения 16.04.2024).
2. Weibin Meng. LogAnomaly: Unsupervised Detection of Sequential and Quantitative Anomalies in Unstructured Logs / Background. – 2019. – URL: <https://www.ijcai.org/proceedings/2019/0658> (дата обращения 16.04.2024).

**ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭКОНОМИКЕ, УПРАВЛЕНИИ  
И БИЗНЕСЕ**

УДК 004.272

**A STUDY ON THE IMPLEMENTATION OF LVDS-USB CONVERSION  
SYSTEM USING FPGA**

**ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДА РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ  
ПРЕОБРАЗОВАНИЯ LVDS-USB С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ FPGA**

Un Pong Kim, Yong Chol Kim,  
Faculty of Information Science,  
“**Kim Il Sung** University”, Pyongyang, DPR Korea  
Ким Ун Бон, Ким Ён Чоль,  
Факультет информационной науки,  
«Университет имени **Ким Ир Сена**» г. Пхеньян, КНДР

e-mail: gfstcn@126.com, gfstk@star-com.net.kp

**Abstract.** Data acquisition systems used PCI as the receiving interface, and the received data was either sent to monitor or computer via FT245BM USB interface. We propose an LVDS-USB conversion system that receives and stores data at high speed using LVDS interface under control of reconfigurable FPGA and transmits the stored data to the computer in the high speed data transmission mode of USB2.0. To this end, the control parameters of SDRAM used as data storage were determined. That is, we have solved the clock frequency selection problem of SDRAM, the memory refresh problem of SDRAM, and the single read/write clock number selection problem for SDRAM(i.e., the read/write cycle setting problem). Based on this, we chose the SDRAM device and designed the SDRAM controller. We designed a system that controls the LVDS interface for high-speed data reception, data storage for SDRAM, and EZ-USB interface control to provide USB high-speed data transmission to the upper computer. And the designed system is implemented on FPGA. Finally, we performed functional simulation of the HDL model of the designed SDRAM controller, verified its performance using SignalTap, and analyzed the resource consumption relationship of the FPGA.

**Аннотация.** Предыдущие исследования изучали системы сбора данных, которые передаются ПК с различными типами данных. Эти системы сбора данных использовали PCI в качестве приемного интерфейса, и полученные данные были отправлены на дисплей или переданы компьютеру через интерфейс USB FT245 BM. Мы предлагаем систему преобразования LVDS-USB, которая позволяет быстро получать и хранить данные с использованием

интерфейса LVDS под контролем реконфигурируемой FPGA, данные, хранящиеся, передаются компьютеру в режиме быстрого передачи данных USB 2.0. Для этого определены параметры управления SDRAM, используемые в качестве хранения данных. Мы решили проблему выбора тактовых частот SDRAMа, проблемы с воспроизведением памяти и проблемы с одним выбором тактовых часов чтения для SDRAM (т. е. проблемы с Чтение/запись). На основе этого мы выбрали устройство SDRAM и проектировали контроллер SDRAM. Мы проектировали систему, которая производит управление интерфейсом LVDS, хранение данных для SDRAM, контроль интерфейса EZ-USB, который обеспечивает быструю передачу данных USB на верхний компьютер. И проектированная система была реализована в FPGA. Наконец, мы выполнили функциональное моделирование модели HDL проектированного контроллера SDRAM, проверили работу с использованием SignalTap и проанализировали отношения потребления ресурсов FPGA.

**Keywords:** data acquisition system, FPGA, LVDS, SDRAM, USB.

**Ключевые слова:** система сбора данных, FPGA, LVDS, SDRAM, USB.

One of the high-speed data acquisition systems is typically the PCI HDAS. The PCI HDAS uses synchronous DRAM as data storage to solve large and fast storage requirements and has implemented synchronous logic control on SDRAM with FPGA[1,P. 822-825], [2,P. 4925-4928], [3,P. 1-7]. The data of SDRAM is read by the top computer page by page after data collection is completed. SDRAM with storage capacity of 8M×16bits can store data for at least 1.2s.As a data acquisition system, a real-time image data acquisition system consisting of image sensors, FPGAs, SDRAM, and computers has been considered [4, P. 5374-5376]. The image signal is smoothed, filtered by an FPGA, and then converted to 30-bit RGB format and stored in SDRAM. Next, there is a high-speed pulse data acquisition system consisting of an EP2C8Q208C8 FPGA, FT245BM USB interface, an ADC8364, memory AM29LV and peripheral circuits [5, P. 110-114]. The system samples the real-time pulse wave signal collected from the sensor through processing and is sent to the acquisition system. In the literatures, controller design is carried out using finite state machine(FSM) according to the relationship of internal operating state of SDRAM [1, P. 822-825]. According to the configuration and operation principle of SDRAM, two FSMs were used for synchronous logic control. Another configuration of the SDRAM controller is the multi-port SDRAM controller [2, P. 4925-4928]. In the literatures, we used a PCI interface or a USB interface that does not require any programming as a transfer interface to transfer stored data to a upper computer. We also designed two FSMs or multi-port controllers to configure the SDRAM controller that is necessarily required if SDRAM is used. As a result, the FPGA resource consumption has increased and it has become difficult to expect the performance characteristics to meet our requirements.

We use SDRAM as a memory to receive and store data from the LVDS interface. Then, the controller must be configured to suit the characteristics of SDRAM. The clock frequency selection, the memory recovery, and the single read/write clock number selection (i.e., the read/write cycle setting problem) must be solved.

First, the clock frequency should be determined reasonably. The data rate from the LVDS interface is 80MBbyte/s=640Mbps, and the size of one frame is 1024×1024 pixels. Each pixel consists of 8bits of R, G, and B. The time taken to transmit one frame data consists of a row scan time interval consisting of 1024 pixels, a row blanking interval, 1024 row scan times, and a column blanking time as follows

$$T_f = (T_r + T_{rb}) \times 1024 + T_{cb} \quad (1)$$

where,  $T_f$  is the time to transmit one frame data,  $T_r$  is a one-line scan time interval consisting of 1024 pixels,  $T_{rb}$  a row-by-line blanking interval,  $T_c$  is a 1024 row-by-line scan time, and  $T_{cb}$  is a column-by-line blanking time.

The one-line scan time is determined as follows.

$$T_r = 1024 / f_{RXCLK} = 37.925 \mu s \quad (2)$$

To store 1024 pixels of 24bits of a line in SDRAM during the row blanking period, the clock cycle of SDRAM must satisfy the following conditions.

$$T_{clk} \times 1024 < T_{rb} \quad (3)$$

Hence, the operating frequency  $f_{clk}$  of the SDRAM must be chosen to satisfy

$$f_{clk} > 128 MHz \quad (4)$$

We have chosen a MT-series SDRAM with capacity of 32MWords, which can provide a performance of 133MHz with a performance class of 75.

Second, SDRAM must perform memory refresh in a certain period, unlike SRAM. Since SDRAM must complete one memory refresh in  $T_{mr}$ , the one-line refresh time  $T_{lmr}$  is as follows.

$$T_{lmr} = \frac{T_{mr}}{n_r} \quad (5)$$

On the other hand, since one read and write of SDRAM is completed only at the clock of  $n_{r/w}$  cycles, one read and write time  $T_{r/w}$  is as follows when the duty cycle of SDRAM is  $T_{CLK}$ .

$$T_{r/w} = T_{clk} \cdot n_{r/w} \quad (6)$$

Then, if we denote the number of memory refreshes as  $n_{mr}$ , the real memory refresh time  $T_{rnr}$  of SDRAM is as follows:

$$T_{rnr} = n_{mr} \cdot T_{r/w} \cdot n_r \quad (7)$$

To satisfy the memory refresh characteristic for SDRAM, the actual memory refresh cycle  $T_{rnr}$  must satisfy the following relation with the memory refresh cycle  $T_{mr}$ , which is the characteristic parameter of SDRAM.

$$T_{rnr} \leq T_{mr} \quad (8)$$

Hence, considering (5), (7), (8), the number of memory refreshes  $n_{mr}$  is determined as following when one-line refresh period of SDRAM is  $T_{lmr}$  and one read/write period is  $T_{r/w}$ .

$$n_{mr} = \left\lceil \frac{T_{lmr}}{T_{r/w}} \right\rceil \quad (9)$$

Here  $[x]$  is the minimum integer value of  $x$ .

The MT48LC32M16A2 SDRAM performs memory refresh in units of  $n_r=8192$  lines. And the memory refresh period is  $T_{mr}=64ms$ . Thus, the memory refresh period  $T_{lmr}$  is  $7.813\mu s$  from Eq.(5). Hence, by determining the number of memory refreshes based on (9),  $n_{mr}$  is determined as 7, 3, and 2. For  $n_{r/w}$  519,  $n_{mr}$  is 2, and the number of consecutive read and write bytes is 1024, which is equal to the number of data in a line. Thus,  $n_{mr}$  is determined by selecting 7, 3, and 2. The actual memory refresh period of SDRAM is  $T_{lmr}=63.913ms$ , which satisfies the memory refresh characteristic.

We design an SDRAM controller using an FPGA. The SDRAM controller is designed to enable the reading and writing of SDRAM with a single FSM to design a SDRAM controller that satisfies the SDRAM specification while consuming the minimum resources of the FPGA. To do this, we determine the appropriate read and write cycles. From the write-on characteristics of SDRAM, the clock required for writing SDRAM data is

$$n_w = n_{RCD} + (n_{wd} - 1) + n_{WR} + n_{RP} \quad (10)$$

Here  $n_{RCD}=3$ ,  $n_{WR}=2$ ,  $n_{RP}=3$ . Thus, if  $n_{wd}=512$ ,  $n_w=519$ .

On the other hand, from the SDRAM readout behavior, the clock required for SDRAM data readout is

$$n_r = n_{RCD} + n_{CL} + (n_{rd} - 3) + n_{RP} \quad (11)$$

Here  $n_{CL}=3$ . Thus,  $n_{rd}=518$  if  $n_r=512$ .

Hence, to design a FSM that can be read and write together, the clock is determined by the following expression.

$$n_{r/w} = \max\{n_w, n_r\} \quad (12)$$

For  $n_{wd}=512$ ,  $n_{rd}=512$ , we set  $n_{r/w}=519$  from (12).

In the case of data writing on SDRAM, data transfer from the LVDS interface is synchronized with the rising edge of the RXCLK clock frequency  $f_{RXCLK}(27MHz)$ , and data writing on SDRAM is synchronized with the rising edge of the SDRAM clock frequency  $f_{clk}(133MHz)$ . We construct an asynchronous biport FIFO as a write buffer. The data width and storage depth of FIFO are set to  $512 \times 24$ bits. When the data stored in SDRAM is read, the operating frequency of SDRAM is  $f_{clk}(133MHz)$  with which data reading is synchronized. On the other hand, the read data is synchronized with  $f_{IFCLK}(48MHz)$  under the control of the GPIF of EZUSB and sent to the buffer of EZUSB. Thus, memory buffering is needed due to the difference of the read frequency of SDRAM and the operating frequency of EZUSB. The storage depth of read FIFO is set to 512 and the storage width to 24bits. Based on this, we construct the SDRAM controller model with write FIFO, read FIFO, auto-read-write control logic, and command generator.

The EZ-USB FX2LP is used to provide high-speed transmission rates, as data stored in SDRAM must be delivered to the upper computer over 160Mbps with USB ports. Data from SDRAM is read by GPIF of EZ-USB and sent to USB port. The data

converter, which performs the function of converting 24-bit data to 16-bit data, is designed with FSM and implemented with FPGA. Hence, the low-voltage differential signal transmission system is constructed (Figure 1).

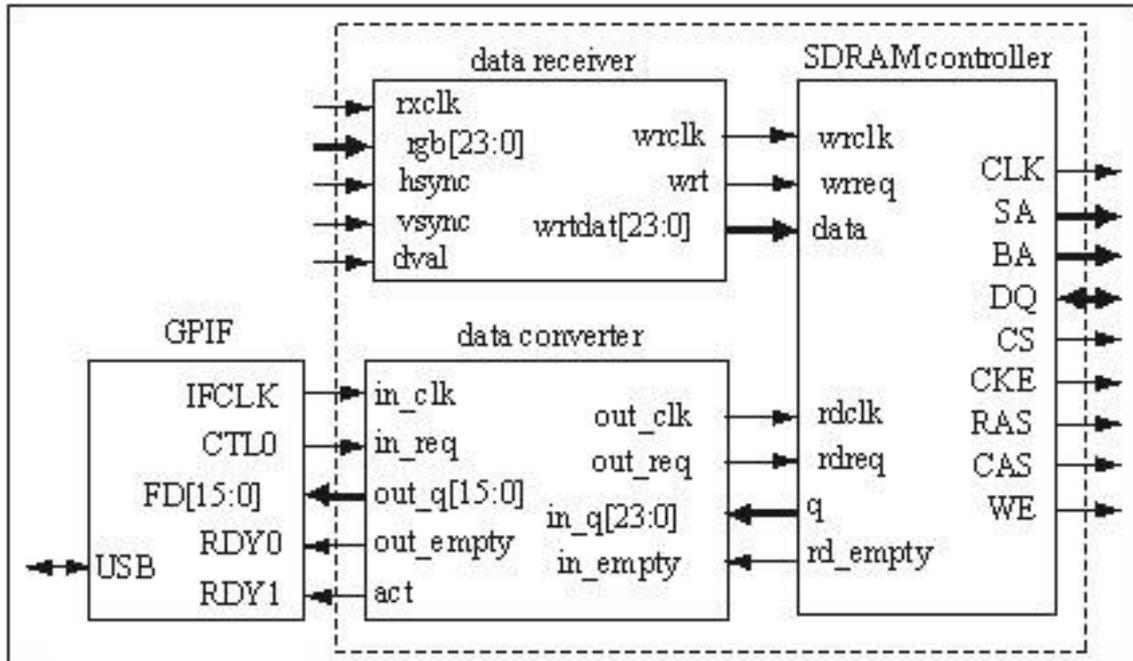


Figure 1. Configuration of LVDS transmission system

We chose the RXCLK clock frequency  $f_{RXCLK}$  at 27MHz using the DS90CR286A receiver to provide a high-speed data transfer of 80 MB/s. Considering the operating frequency of MT-family SDRAM required to store data at a transmission rate of 80MB/s, memory capacity of read and write buffers, number of required I/O pins, and package topology convenient for implementation, we selected EP3C16, a Cyclone III FPGA of the PQFP package with an operating class of 8. FIFO is constructed using the FIFO mega function provided by the FPGA development environment Quartus II. Based on this, the data storage model was described in Verilog HDL and implemented in Cyclone III FPGA. To implement the EZ-USB transmission system, EZ-USB software design and super-programming were implemented.

First, we described the SDRAM controller in HDL and verified the performance simulation using the FPGA development environment Quartus II. From the functional simulation, we can verify that the SDRAM controller's initialization module, data read/write module, memory refresh module, and command generation module perform their functions correctly. Next, we have verified the dynamic behavior of data reception, storage, and data transfer operations to EZUSB modeled with HDL and implemented with FPGA. The verification was carried out using the SigalTap II Logic Analyzer of Quartus II development environment. To perform the test, the clock signal of SDRAM was set as the clock source to be tested, and the RAS, CAS, WE signal of SDRAM and WR\_REQ of WR\_FIFO were selected to test. As the test result, it can be verified that the write-on command signaling for SDRAM is done correctly, the read-on command, and the memory replay command signaling.

On the other hand, the operating frequency  $f_{CLK}=133\text{MHz}$  of SDRAM was chosen, so the theoretical storage time for storing  $16\text{M}\times 32\text{bits}$  of data is  $t=1.192\text{s}$ . The measured storage time measured is  $t=1.2\text{s}$ .

The following table 1 shows the comparison of the characteristics of the proposed method and the previous method.

Table 1. Comparison of the characteristics of the proposed method and the previous method

method	Frame size	transmission rate (MB/s)	data storage size (bit)	storage time (s)	operating speed (MHz)	LE number	memory (bit)
proposed method	$1024\times 1024$	80	$16\text{M}\times 32$	1.192	133	1826	319488
previous method	$720\times 576$	40	$8\text{M}\times 16$	1.2	40	2663	17184

From the table, we can see that our data storage controller uses less FPGA resources and stores data exactly from the LVDS interface with a frame size of  $1024\times 1024$  pixels and a transmission rate of 80MB/s.

We consider the data rate by EZ-USB. Considering the extra time by the software from the completion of GPIF operation to the start of the next operation, the theoretical time taken to transmit data of one packet(512bytes) at a clock frequency of  $f_{IFCLK}=48\text{MHz}$  is  $t=23.3\mu\text{s}$ . Hence, the USB data rate is 168Mbps. The software measured USB data rate provided the required transmission rate of 160Mbps.

## Findings

In this paper LVDS interface is used as a receiving interface for high-speed data reception, and an LVDS-USB conversion system that stores SDRAM and transfers data to USB port under the control of FPGA is configured and constructed. The control parameters of MT48LC32M SDRAM used as data storage are determined reasonably and, based on this, an SDRAM controller model is constructed. And high-speed data transmission of USB2.0 using EZ-USB FX2LP is implemented. A control model for LVDS reception, storage, and USB transmission is configured and implemented with EP3C16 Cyclone III FPGA.

## References

1. Qiu Daqiang, et al., 2007. Design of SDRAM Controller in High-Speed Data Acquisition Based on PCI Bus: ICEMI'2007, P. 822-825.
2. Dechun Zheng, et al., 2011. FPGA realization of multi-port SDRAM controller in real time image acquisition system: IEEE, P. 4925-4928.

3. H.Y. Wu, et al., 2020. A general-purpose digital data acquisition system (GDDAQ) at PekingUniversity: Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, A 975, P. 1-7.

4. Guangling Guo, et al., 2011. Design of High Speed Pulse Data Acquisition System Based on FPGA and USB: IEEE, P. 5374-5376.

5. Dinah Ann Varughese1, 2014. TRANSMISSION AND RECEPTION OF DATA THROUGH USB USING FPGA: Vol 03 Special Issue: 01, IJRET, P. 110-114.

UDC 004.932

## **A CORRECTION METHOD FOR CAMERA LENS DISTORTED IMAGES USING NEURAL NETWORKS**

### **МОДИФИКАЦИЯ ДЛЯ ЭВОЛЮЦИИ ОБЪЕКТИВА КАМЕРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЙРОННОЙ СЕТИ**

C.H. Choe, K.M. Choe, H.S. So, O.J. Choe, S.H. Hyon, J.H. Choe,  
Faculty of Information Science,

“**Kim Il Sung** university”, Pyongyang, DPR Korea

Чой Ч.Х., Чой Г.М., Се Х.С., Чой О.З., Хйон С.Ч., Чой З.Х.,

Факультет информационной науки,

«Университет имени **Ким Ир Сена**»г. Пхеньян, КНДР.

e-mail: [gfstcn@126.com](mailto:gfstcn@126.com), [gfstk@star-com.net.kp](mailto:gfstk@star-com.net.kp)

**Abstract.** In general, the image obtained with a digital camera is distorted due to the distortion caused by the optical lens.

This distortion has nonlinearity. In the case of wide angle lenses, the nonlinearity is very strong. Lens distortion consists of radial distortion, decentering distortion and tangential distortion.

In previous studies, many methods have been investigated, such as the estimation of the polynomial distortion model for radial distortion, to eliminate this image distortion.

In this paper, we propose a neural network-based distortion image correction method without using mathematical model. The neural network-based distortion correction method can achieve high accuracy for mapping between the distorted image and the original image. The training data set, which fully includes the nonlinear characteristics of lens distortion, was constructed and the structure of the neural network was set up and trained with multilayer feedforward neural network. The distorted real image was corrected using this trained neural network. Finally, experiments show that the proposed method achieves better accuracy of image correction compared to the previous methods for distorted images with different resolutions.

**Аннотация.** Как правило, изображение, полученное из цифровой камеры, искажено из-за искажения, вызванного оптической линзой. Это искажение имеет нелинейность. Для широкоугольной линзы нелинейность очень высока.

Искажение объектива состоит из искажения излучения, искажения центрального разделения и искажения контакта.

В предыдущих исследованиях было исследовано ряд методов, таких как оценка модели полиномиального искажения на радиальных искажениях, чтобы устранить это искажение изображения. В этой статье мы предложили метод коррекции искаженных изображений на основе нейронной сети без использования математических моделей. Как исправить искажение на основе нейронной сети, может достичь высокой точности сопоставления между искажением и исходным изображением. Мы строим набор данных, который содержит полностью нелинейные характеристики искажения объектива, и структура нейронной сети устанавливается и обучена многослойной сети. Искаженная фаза ацилирования была изменена с использованием этой обученной нейронной сети. Наконец, эксперименты показали, что для искаженных изображений с различными резолуциями предлагаемый метод имеет более высокую точность коррекции изображения по сравнению с предыдущими методами.

**Keywords:** Digital camera, optical lens, lens distortion, distortion correction, neural network, fish eye lens.

**Ключевые слова:** цифровая камера, оптическая линза, искажение объектива, искажение искажения, нейронная сеть, рыбная глазная линза.

Wide-angle lenses are used in many applications such as remote surveillance and monitoring, mobile robot navigation, human detection and tracking, face and eye tracking and so on.

The image acquired by the camera is distorted because of the distortion caused by optical lens. The property for optical lens distortion is different along to the optical systems.

There are many lens distortion models and distortion correction methods. Radial distortion models are commonly used in literature for modeling the lens distortion. [1, P. 189-193] In [3, P. 3-80 ], image pixel coordinate was used to express lens distortion. In [6, P.2441-2449], the distortion parameters were estimated by calculating the homography. In [7, P. 1574-1606], a detailed analysis of high-order models is presented, including polynomial and division models. In [4, P. 3601-3631], the author reviewed on distortion models for wide-angle lenses. In [5, P. 094104-094117], the authors presented an accurate and flexible method to calibrate intrinsic parameters of a camera together with lens distortion. In [2, P. 223-230], the authors proposed a unified and simple correction method, performing well for both photographic and projective imaging systems. In [8, P. 573-580], the authors

proposed an adaptive piecewise low order mapping correction method based on single grid pattern.

In this paper, we propose a method to remove distortion in images with nonlinear lens distortions by using neural network.

The lens distortion occurs due to the physical structure of an optical system. Hence, Image is distorted because of the distortion caused by optical lens.

The lens distortion involves radial distortion, decentering distortion and tangential distortion, and then radial distortion is foundational.

The distorted image has nonlinearity. There is not the distortion in the center. The more the pixel coordinates in the image move away from the image center, the more severe the distortion is. The degree of image distortion depends on the coefficients of the higher order equation represented by the model for distortion, and this distortion characteristic takes the form of a curve. The types of distortion curve have the barrel distortion in the negative values and the pincushion distortion in the positive values.

The algebraic form of the nonlinear geometrical transformation model (NGTM) for system to remove the distortion is used [2, P. 223-230].

The coordinates of a point of the correction pattern(ideal output) is  $(x, y)$ ,  $(x', y')$  is the detected image coordinates of  $(x, y)$ .

Then the algebraic form of the NGTM is given by:

$$\begin{cases} x' = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^{N-i} k_{ij} x^i y^j \\ y' = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^{N-i} k'_{ij} x^i y^j \end{cases}$$

Where  $N$  denotes the order of a polynomial and  $k_{ij}$ ,  $k'_{ij}$  are the undetermined coefficients of a polynomial.

Generally, if the points  $(x_{ij}, y_{ij})$  and  $(x'_{ij}, y'_{ij})$  show intersection of the  $i$ -th horizontal line and the  $j$ -th vertical line of pattern, respectively, then the distortion model can write as follows:

$$x'_{ij} = f(x_{ij}, y_{ij}), y'_{ij} = g(x_{ij}, y_{ij})$$

Where  $i=1,2,3,\dots,m$ ,  $j=1,2,3,\dots,n$  and  $m$ ,  $n$  are the number of horizontal and vertical grid lines in the image. The functions  $f$  and  $g$  are fitted grid points in the ideal image to grid points in the distorted image.

The neural network could achieve a high precision of mapping between the distortion image and the original image adaptively without mathematic model. The number of hidden layers and neurons in the neural network must be determined to adequately represent the nonlinear characteristics of the lens distortion.

We use the structure of multilayer feedforward neural network, and the cell of the input layer and the cell of the output layer are composed of two cells, respectively. The numbers of neurons in each hidden layers are (60, 45, 30, 15), respectively. Connection between the layers is fully connected and the connection between the neurons of each layer is not.

The loss function of the neural network is the mean squares error (MSE). i.e.

$$E(\mathbf{w}) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^N \|d_i - \mathbf{y}(\mathbf{x}_i; \mathbf{w})\|^2$$

Where  $d_i$  is an ideal output  $(x', y')^T$  and  $\mathbf{y}(\mathbf{x}_i; \mathbf{w})$  is the result by the neural network.

We used LM (Levenberg-Marquardt) algorithm for the optimal solution.

The training data set is constructed from pairs of corresponding control points in the ideal image (undistorted image) and the real image.

The training data set adequately represents the nonlinear nature of the lens distortion and must be able to remove the distortion not only at the grid point but also at any point.

We obtain a real image many times for calibration patterns with an arbitrary number of rows and a number of columns. We obtain pairs of control point coordinates of thousands of ideal images and corresponding distorted image control point coordinates.

Resultingly, the training dataset consists of thousands of control point pairs and this dataset is utilized during the training process to remove the distortion.

The pixel coordinates use the normalized coordinates.

If the coordinate of a pixel is  $(x_r, y_r)$ , then the normalized coordinate  $(x, y)$  of a pixel is as follows:

$$x = \frac{x_r - w/2}{w/2} \times 0.9, \quad y = \frac{y_r - h/2}{h/2} \times 0.9$$

Where  $w$  and  $h$  denote width and height of the image.

The activation function is  $\tanh(x)$ .

The experiments were done using the MATLAB, which is run on a standard personal computer with 2.93GHz processor, 2GB RAM and Windows 7 ultimate system.

We experiment with the resolution of the image is 2448×1536 pixels. The testing environment has the same network structure for training stage.

Generally, if the number of the hidden layers is increased, then the performance is better. However, it can be seen from the experiments that when the number of hidden layers is increased to more than 4, the performance is not better than 4 times the number of hidden layers.

Hence, the network structure consists of 1 input layer, 4 hidden layers and 1 output layer. The hidden layer1 has 60 neurons, the hidden layer2 has 45 neurons, the hidden layer3 has 30 neurons, the hidden layer4 has 15 neurons. Each layer performs normalization of the data and the activation function uses  $\tanh(x)$ .

By performing corrections to distorted images obtained with the fisheye lens, the resulting RMSE for the horizontal and vertical lines of the image is.

RMSE of corrected image by using the GPF is 0.653–1.247 pixels in the horizontal direction and 0.360–1.893 pixels in the vertical direction, but doesn't involve the full field. RMSE is 0.349–0.825 pixels in the horizontal direction and 0–0.877 pixels in the vertical direction for the FOV division method, but involves the boundary discontinuity. The enhanced FOV division method has not the boundary

discontinuity and involves the full field, but the RMSE increases to 1.109–3.931 pixels at the marginal field [2, P. 223-230]. The accuracy of our method is  $2.62e-16$  –  $1.47e-15$  pixels in the horizontal direction and  $1.24e-17$  –  $2.25e-14$  pixels in the vertical direction and involves the full field. This our method doesn't require brightness correction as previous works [2, P. 223-230].

We also found that for real images, the brightness correction is required in [2, P. 223-230], but for images calibrated by our method, no brightness correction is required

In our experiment, the distorted images that are captured by the camera with wide-angle more than 170 degrees and resolution up to 3200x2400 are corrected and the experimental results are compared with piecewise method [8, P. 573-580]. Table 1, Table 2, and Table 3 show MAE and RMSE for the corrected images.

Table 1. Small field with high resolution

Coordinate offset errors (67 corrected intersections)		
	[8] Average (pixel)	Average (pixel)
MAE-H	0.711	$4.0830e-8$
MAE-V	0.562	$5.4083e-8$
RMSE-H	0.892	$2.6450e-8$
RMSE-V	0.754	$3.4761e-8$

Table 2. Medium field with high resolution

Coordinate offset errors (114 corrected intersections)		
	[8]Average (pixel)	Average (pixel)
MAE-H	1.731	$5.4525e-13$
MAE-V	1.369	$3.9441e-13$
RMSE-H	2.199	$6.7328e-13$
RMSE-V	1.776	$7.0509e-13$

Table 3. Large field with high resolution.

Coordinate offset errors (194 corrected intersections)		
	[8]Average (pixel)	Average (pixel)
MAE-H	1.216	0.0074
MAE-V	0.911	0.0107
RMSE- H	1.651	0.0031
RMSE- V	1.272	0.0047

As shown in Table 1, Table 2 and Table 3, the results corrected by using proposed method have smaller correction errors (MAE and RMSE) than previous work [8. P. 223-230].

### Findings

Generally, many researchers have been used the mathematic models to eliminate the image distortion in terms of the radial distortion, widely.

We proposed a method to remove image distortion by using neural network without knowing the mathematic models. First we determinated the neural network structure to express sufficiently the nonlinear properties of the lens distortion and obtained the dataset for training of the neural network, and then the neural network was trained by using the training data. After the training step, the distortions of the real images removed in terms of the neural network trained, so that the correcting accuracy for distortion was improved.

The experimental results show that the proposed method has better accuracy of image distortion correction than previous works.

This neural network can be applied to correct the distorted images with various resolutions acquired by the cameras.

### References

1. R. I. Hartley and A. Zisserman, 2016, *Multiple View Geometry in Computer Vision*, Cambridge Univ. Press, P. 189-193.
2. Shengqian Chang, Siqi Liu, Fei Yuan, Zhenrong Zheng, 2017, Unified optical distortion correction method for imaging systems using a concise geometrical transformation model, *OpticsCommunications*, Volume 383, P. 223-230.
3. Karl Karlsson, 2023, *Camera Distortion Calibration through Fringe-Pattern Phase Analysis*, Master of Science Thesis in Electrical Engineering, Linköping University, P. 34-38.

4. Aleksander Zatserkovnyy et al., 2022, Identification of Location and Camera Parameters for Public Live Streaming Web Cameras, *Mathematics*, Volume 10, P. 3601-3631.
5. Liqiang Xie et al., 2023., Decoupling calibration method of long focal length camera using vanishing point, *Optical Engineering*, Volume 62(3), P. 094104-094117.
6. A. Li, Y. Wu, X. Xia, Y. Huang, C. Feng, Z. Zheng, 2015, Computational method for correcting complex optical distortion based on FOV division, *Appl. Opt.*, Volume 54, P. 2441–2449.
7. Santana-Cedres, d., Gomez, L., Aleman-Flores, M., Salgado, A., Esclarin, J., Mazorra, L., Alvarez, L., 2015. Invertibility and estimation of two-parameter polynomial and division lens distortion models. *SIAM J. Imaging Sci.*, Volume 8(3), P. 1574-1606.
8. Rui Qing Wu, Jian Liu, Wei Chen, Qing Shui Gu, 2019, Adaptive Wide-Lens Distortion Correction Based on Piecewise Polynomial Optimization, *Procedia Computer Science*, Volume 154, P. 573–580.

УДК 004.652.3

## РАЗРАБОТКА КЛАССА ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С БАЗАМИ ДАННЫХ В C# С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ADO.NET

### DEVELOPMENT OF A CLASS FOR DATABASE INTERACTION IN C# USING ADO.NET

Шайдуллина Э.Н., Гаврилов С.В.,  
Институт нефтепереработки и нефтехимии  
ФГБОУ ВО УГНТУ в г. Салавате, г. Салават, Российская Федерация  
E.N. Shaydullina, S.V. Gavrilov,  
Institute of Oil Refining and Petrochemistry  
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education USPTU in  
Salavat, Salavat, Russian Federation

E-mail: eln.sha99@gmail.com

**Аннотация.** В данной научной работе рассматривается разработка класса, предназначенного для упрощения взаимодействия с базами данных в приложениях Windows Forms, использующих технологию ADO.NET и провайдер OLE DB. Несмотря на появление новых технологий доступа к данным, ADO.NET (ActiveX Data Objects .NET) остается актуальным инструментом благодаря своей надежности, гибкости и широкой поддержке различных баз данных. Однако, использование ADO.NET напрямую может быть сложным и требовать написания большого количества кода. Разработка

универсального класса позволяет скрыть сложность технологии и предоставить разработчикам удобный интерфейс для работы с базами данных.

В работе представлено комплексное исследование и разработка универсального класса для работы с базами данных в приложениях Windows Forms с использованием ADO.NET. Разработанный класс отличается высоким уровнем гибкости и производительности. Использование разработанного класса позволяет существенно упростить процесс разработки приложений, работающих с базами данных, сократить время разработки и повысить качество кода. Класс может быть использован как опытными разработчиками, так и начинающими программистами. Класс разработан с учетом принципов объектно-ориентированного программирования. Проведена оптимизация производительности класса для обеспечения эффективной работы с большими объемами данных.

**Abstract.** This research paper discusses the development of a class designed to simplify interaction with databases in Windows Forms applications using ADO.NET technology and the OLE DB provider. Despite the emergence of new data access technologies, ADO.NET (ActiveX Data Objects .NET) remains a relevant tool due to its reliability, flexibility, and broad support for various databases. However, using ADO.NET directly can be complex and require writing a significant amount of code. The development of a universal class allows hiding the complexity of the technology and providing developers with a convenient interface for working with databases.

The work presents a comprehensive study and development of a universal class for working with databases in Windows Forms applications using ADO.NET. The developed class is distinguished by a high level of flexibility and performance. The use of the developed class allows significantly simplifying the process of developing applications that work with databases, reducing development time, and improving code quality. The class can be used by both experienced developers and novice programmers. The class is designed taking into account the principles of object-oriented programming. Performance optimization of the class has been carried out to ensure efficient operation with large amounts of data.

**Ключевые слова:** базы данных, универсальный класс, доступ к данным, объектно-ориентированное программирование, разработка приложений.

**Keywords:** databases, universal class, data access, object-oriented programming, application development.

ADO.NET – это набор классов, предоставляемых платформой .NET Framework для доступа к данным и управления ими. ADO.NET позволяет разработчикам подключаться к различным источникам данных, выполнять команды, получать и манипулировать данными, а также обновлять данные в источнике [1].

Роль ADO.NET в разработке приложений Windows Forms:

1. Доступ к данным: ADO.NET позволяет подключаться к различным типам баз данных, включая SQL Server, Oracle, MySQL, PostgreSQL, а также к текстовым файлам, XML-файлам и другим источникам данных.

2. Выполнение команд: С помощью ADO.NET можно выполнять SQL-запросы, хранимые процедуры и другие команды на базе данных. Это позволяет получать данные, изменять данные, создавать и удалять таблицы и другие объекты базы данных [2].

3. Получение и манипуляция данными: ADO.NET предоставляет различные объекты для работы с данными, такие как «DataSet», «DataTable», «DataRow» и «DataView». Эти объекты позволяют получать данные из базы данных, обрабатывать их в памяти, фильтровать, сортировать и выполнять другие операции.

4. Связывание данных: ADO.NET позволяет связывать данные с элементами пользовательского интерфейса Windows Forms, такими как «TextBox», «ComboBox», «ListBox» и «DataGridView». Это позволяет автоматически отображать данные из базы данных в элементах интерфейса и обновлять данные в базе данных при изменении значений в элементах интерфейса.

5. Обработка ошибок: ADO.NET предоставляет механизмы для обработки ошибок и исключений, возникающих при работе с базой данных.

Преимущества использования ADO.NET в Windows Forms:

1. Гибкость: ADO.NET поддерживает широкий спектр источников данных и позволяет работать с ними единообразно.

2. Производительность: ADO.NET оптимизирован для работы с базами данных и обеспечивает высокую производительность.

3. Масштабируемость: ADO.NET позволяет разрабатывать приложения, работающие с базами данных любого размера.

4. Интеграция с .NET Framework: ADO.NET является частью .NET Framework и легко интегрируется с другими компонентами платформы [3].

### **Актуальность разработки отдельного класса для взаимодействия с базой данных**

Дублирование кода при использовании ADO.NET в разработке приложений может создавать ряд серьезных проблем, влияющих на эффективность, качество и поддерживаемость проекта.

Общие исследования по дублированию кода:

«The Impact of Duplicate Code on Software Quality» (Nagappan et al., 2013). Исследование показало, что дублирование кода негативно влияет на качество программного обеспечения, увеличивая количество ошибок, усложняя понимание кода и повышая затраты на поддержку.

«A Large-Scale Study of Duplicate Code in Open Source Projects» (Beller et al., 2019). В исследовании было проанализировано 440 открытого программного обеспечения и обнаружено, что в среднем 15% кода являются дубликатами [4].

Проблемы, связанные с использованием ADO.NET, которые могут привести к дублированию кода:

1. Шаблонный код: ADO.NET требует написания большого количества шаблонного кода для подключения к базе данных, выполнения запросов, обработки результатов и обработки ошибок. Это приводит к дублированию кода в разных частях приложения.

2. Отсутствие абстракции: ADO.NET предоставляет низкоуровневый API, который не скрывает сложность работы с базами данных. Это может приводить к дублированию кода, так как разработчики вынуждены реализовывать одни и те же функции в разных частях приложения.

3. Работа с разными типами баз данных: при необходимости работы с разными типами баз данных, разработчики могут дублировать код, чтобы адаптировать его к особенностям каждого типа базы данных.

Решения для снижения дублирования кода в ADO.NET:

1. Использование универсальных классов: разработка универсальных классов позволяет скрыть сложность ADO.NET и предоставить разработчикам удобный интерфейс для работы с базами данных.

2. Использование ORM (Object-Relational Mapping): ORM-фреймворки, такие как Entity Framework или NHibernate, позволяют абстрагироваться от особенностей конкретной базы данных и работать с данными как с объектами. Это существенно снижает дублирование кода.

3. Использование шаблонов проектирования: Шаблоны проектирования, такие как Repository, Unit of Work и Data Access Object, помогают организовать код доступа к данным и снизить дублирование.

Точную оценку времени, затрачиваемого разработчиками на дублирование кода в контексте ADO.NET, найти сложно. Однако, исследования показывают, что дублирование кода может составлять от 10% до 30% общего объема кода. Это означает, что разработчики могут тратить значительное количество времени на написание и поддержку дублированного кода.

## Разработка класса

Класс «Base» располагается в пространстве имен «Разрабатываемое приложение» и использует следующие директивы:

1. System: предоставляет базовые классы и типы данных.
2. System.Collections: предоставляет интерфейсы и классы для работы с коллекциями.
3. System.Data: предоставляет доступ к классам ADO.NET для работы с базами данных.
4. System.Data.OleDb: предоставляет доступ к классам OLE DB для работы с базами данных.
5. System.Windows.Forms: предоставляет классы для создания пользовательских интерфейсов.

Поля класса:

1. Conn: объект «OleDbConnection», представляющий соединение с базой данных. Строка подключения берется из файла конфигурации приложения. Настройка подключения (рисунок 1).

2. Command: объект «OleDbCommand», представляющий команду, выполняемую на базе данных.

3. Reader: объект «OleDbDataReader», предоставляющий доступ к результатам выполнения команды.

4. Adapter: объект «OleDbDataAdapter», используемый для заполнения объектов «DataTable» и «DataSet».

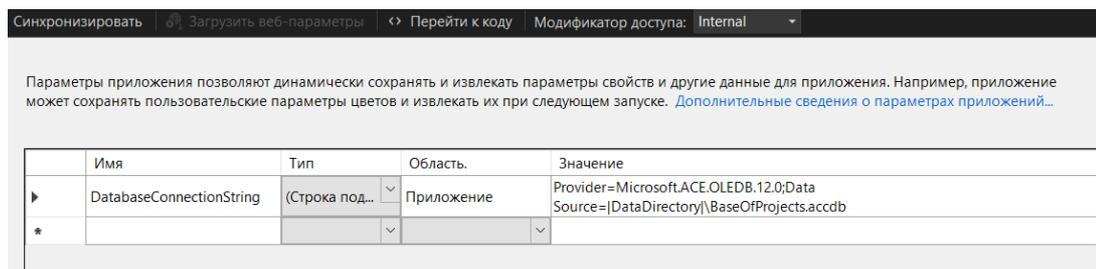


Рисунок 1. Настройка строки подключения базы данных в разрабатываемом проекте

Следующий код содержит объявление полей класса:

```
private OleDbConnection Conn = new
OleDbConnection(FormationOfTemplates.Properties.Settings.Default.DatabaseConn
ectionString);
```

```
private OleDbCommand Command;
```

```
private OleDbDataReader Reader;
```

```
private OleDbDataAdapter Adapter;
```

Методы класса:

1. SetCommandText(string command)

Описание:

- метод принимает строку с SQL-командой в качестве параметра;
- открывает новое соединение с базой данных;
- создает объект «OleDbCommand» с переданной командой и текущим соединением;

- выполняет команду с помощью метода «ExecuteReader» и сохраняет результат в объекте «OleDbDataReader»;

- возвращает объект «OleDbDataReader» с результатами выполнения команды.

Используется для выполнения SQL-запросов, возвращающих набор данных, например, «SELECT». Результаты запроса можно обработать, используя методы объекта «OleDbDataReader», такие как «Read», «GetString», «GetInt32».

Реализация метода класса в программном коде:

```
public OleDbDataReader SetCommandText(string command)
```

```

{
Conn.Open();
Command = new OleDbCommand(string.Format("{0}", command), Conn);
Reader = Command.ExecuteReader();
return Reader;
}

```

## 2. ReadksDataTable(string command)

Описание:

- метод принимает строку с SQL-командой в качестве параметра;
- создает объект «OleDbDataAdapter» с переданной командой и текущим соединением;
- создает пустой объект «DataTable»;
- заполняет «DataTable» результатами выполнения команды с помощью метода «Fill» объекта «OleDbDataAdapter»;
- возвращает заполненный объект «DataTable».

Используется для получения данных из базы данных в виде таблицы, которая может быть связана с элементами пользовательского интерфейса, например, «DataGridView».

Реализация метода класса в программном коде:

```

public DataTable ReadksDataTable(string command)
{
Adapter = new OleDbDataAdapter(string.Format("{0}", command), Conn);
DataTable dataTable = new DataTable();
Adapter.Fill(dataTable);
return dataTable;
}

```

## 3. ReadksDataSet(string command)

Описание:

- аналогично «ReadksDataTable», но заполняет и возвращает объект «DataSet», который может содержать несколько таблиц.

Используется для получения данных из базы данных в виде набора таблиц, что может быть полезно при работе со сложными запросами или при необходимости объединения данных из нескольких таблиц.

Реализация метода класса в программном коде:

```

public DataSet ReadksDataSet(string command)
{
Adapter = new OleDbDataAdapter(string.Format("{0}", command), Conn);
DataSet dataSet = new DataSet();
Adapter.Fill(dataSet);
return dataSet;
}

```

#### 4. ReadksBindingSource(string command)

Описание:

- метод принимает строку с SQL-командой в качестве параметра;
- создает пустой объект «DataSet» и добавляет в него пустую таблицу «DataTable»;
- создает объект «OleDbDataAdapter» с переданной командой и текущим соединением;
- заполняет «DataTable» результатами выполнения команды с помощью метода «Fill» объекта «OleDbDataAdapter»;
- создает объект «BindingSource» и устанавливает его свойство «DataSource» равным заполненному «DataTable»;
- возвращает объект «BindingSource».

Используется для привязки данных из базы данных к элементам пользовательского интерфейса, таким как «TextBox», «ComboBox», «ListBox». «BindingSource» предоставляет удобный механизм для навигации по данным, фильтрации, сортировки и обновления данных в базе данных.

Реализация метода класса в программном коде:

```
public BindingSource ReadksBindingSource(string command)
{
    BindingSource bindingSource = new BindingSource();
    DataSet dataSet = new DataSet();
    DataTable dataTable = new DataTable();
    dataSet.Tables.Add(dataTable);
    Adapter = new OleDbDataAdapter(string.Format("{0}", command), Conn);
    Adapter.Fill(dataTable);
    bindingSource.DataSource = dataTable;
    return bindingSource;
}
```

#### 5. Update(string updateCommand, string[] parameters, ArrayList values)

Описание:

- метод принимает строку с SQL-командой обновления, массив имен параметров и коллекцию значений параметров;
- открывает новое соединение с базой данных;
- создает объект «OleDbCommand» с переданной командой и текущим соединением;
- добавляет параметры с соответствующими значениями в коллекцию «Parameters» объекта «OleDbCommand»;
- выполняет команду обновления с помощью метода «ExecuteNonQuery»;
- закрывает соединение с базой данных;
- возвращает количество затронутых строк.

Используется для выполнения SQL-команд, изменяющих данные в базе данных, например, «INSERT», «UPDATE» и «DELETE». Использование

параметров позволяет предотвратить SQL-инъекции и улучшить производительность.

Реализация метода класса в программном коде:

```
public int Update(string updateCommand, string[] parameters, ArrayList
values)
{
int executeNonQuery;
try
{
Conn.Open();
Command = new OleDbCommand(updateCommand, Conn);
for (int i = 0; i < parameters.Length; i++)
{
Command.Parameters.AddWithValue(parameters[i], values[i]);
}
executeNonQuery = Command.ExecuteNonQuery();
Conn.Close();
return executeNonQuery;
}
catch
{
Conn.Close();
return 0;
}
}
```

### **Пример использования класса в разрабатываемом приложении**

Объявлен экземпляр класса «Base» в используемом пространстве имен приложения на Windows Forms:

```
Base FormBase = new Base();
```

Использован метод «ReadksDataTable» для отображения данных в элементе управления «ComboBox» с таблицы базы данных:

```
DataTable project = FormBase.ReadksDataTable("SELECT
[КодПроекта],[Проект] FROM Проекты");
projectComboBox.DataSource = project;
projectComboBox.DisplayMember = "Проект";
projectComboBox.SelectedIndex = -1;
projectComboBox.ValueMember = "КодПроекта";
```

Результат выполнения кода (рисунок 2).

Рисунок 2. Отображение данных в элементе управления «ComboBox»

### Анализ разработанного класса

Преимущества:

- упрощает взаимодействие с базами данных, скрывая детали работы с ADO.NET и OLE DB;
- предоставляет набор методов для выполнения типовых операций;
- улучшает читаемость и поддерживаемость кода.

Недостатки:

- класс ограничен использованием технологии OLE DB;
- отсутствие поддержки транзакций;
- необходимость обработки исключений.

### Выводы

Разработанный класс является удобным инструментом для разработки приложений Windows Forms, взаимодействующих с базами данных через ADO.NET и OLE DB. Он предоставляет набор методов для выполнения типовых операций, упрощая процесс разработки и улучшая качество кода. Однако, необходимо учитывать ограничения класса и при необходимости расширить его функциональность.

## Литература

1. Шумаков, П.В. ADO.NET и создание приложений баз данных в среде Microsoft Visual Studio.NET: руководство разработчика с примерами на С# : практическое пособие / П. В. Шумаков. – Москва: Диалог-МИФИ. 2003. – 526 с.
2. Кариев, Ч.А. Технология Microsoft ADO.NET: учебное пособие / Ч.А. Кариев. – Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ): Бинوم. Лаборатория знаний, 2007. – 544 с.
3. Джеффри Р. Программирование на платформе Microsoft.NET Framework 4.5 на языке С# / Р.Джеффри. –Москва: Питер, 2016. – 896 с.
4. Осадчая А.О., Исаев И.В. МЕТОД ПОИСКА КЛОНОВ В ПРОГРАММНОМ КОДЕ // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2020. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-poiska-klonov-v-programmnom-kode> (дата обращения: 01.04.2024).

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ

UDC 004.77

### A STUDY ON PATHOLOGY BUSINESS REPORTING AND SAMPLING TIME ESTIMATION USING SNOMED CT

### ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ДОКЛАДУ И ОЦЕНИВАНИЮ ВРЕМЕНИ ВЫБОРКИ В ПАТОЛОГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SNOMED CT

Il Nam Ri, Hun Kim, Won Chol Kim, Myong Chol Choe,  
Kyong Sim Ri, Kyong Mi Choe,  
Faculty of Information Science,  
“Kim Il Sung University”, Pyongyang, DPR Korea  
Ли Ир Нам, Ким Хун, Ким Вон Чёл, Чой Мён Чоль, Ли Гэн Сим,  
Чой Гэн Ми,  
Факультет информационной науки,  
«Университет имени Ким Ир Сена» г. Пхеньян, КНДР

e-mail: [gfstcn@126.com](mailto:gfstcn@126.com), [gfstk@star-com.net.kp](mailto:gfstk@star-com.net.kp)

**Abstract.** Clear and standardized pathology business reports are essential for the diagnosis and treatment of patients as a basis for disease management. Despite the widespread use of pathology business reports as a basis for cancer, disease diagnosis and clinical care in hospitals, there are still cases where there are documented and free text formats such as bibliography. It also results in different results in perception depending on the writer, as pathologists describe clinical findings in different ways. Therefore, when the pathology business report is used as the basis of clinician treatment and tumor research, it is a very important requirement to be easily interpreted and to be able to quickly detect important parameters. The aim of this study was to standardize the pathology business report based on SNOMED CT to improve the efficiency of data analysis of pathology business reports as required by the Big Data era. In addition, the time course of sample generation that affects the quality of pathology, such as pathology sampling, is analyzed, and the time of sample generation that has not been reflected in previous pathology business reports or has been empirically defined is accurately determined using standardized pathology business reports to improve the quality of the test.

**Аннотация.** Ясный и стандартизованный патологический бизнес-отчет является основой для установления диагностики пациентов и лечения заболеваний. Несмотря на то, что патологические бизнес-отчеты широко используются в качестве основы для опухолей, диагностики болезней и клинической заботы в больницах, все еще существуют в виде документов и

свободных текстовых форм, таких как документы. Кроме того, поскольку эксперты в патологии описывают клинические результаты по-разному, они приводят к различным результатам в восприятии в соответствии с авторам. Поэтому очень важно, чтобы клиницисты могли легко принять и быстро обнаружить важные параметры, когда они используются в качестве основы для терапевтической деятельности и исследований опухоли. Целью этого исследования было стандартизация патологического бизнес-отчета на основе SNOMEDCT для повышения эффективности анализа данных для патологических бизнес-отчетов в соответствии с требованиями к эпохе больших данных. Кроме того, время анализа процесса производства образца, который влияет на качество патофизиологического анализа, таких как патофизиологическая выборка, и не было включено в предыдущие отчеты о патологии, и время производства образцов, которые были эмпирически определены с использованием стандартизованных патологических бизнес-отчетов, чтобы улучшить качество тестирования.

**Keywords:** SNOMED CT, pathology business reports, pathology sampling, data analysis, C5.0.

**Ключевые слова:** SNOMED CT, патологический бизнес-отчет, производство образца, анализ данных, C5.0.

### **Motivation**

The Electronic Health Record (EHR) system has been applied as the mainstream system of the Health Information System (HIS) for decades by storing vast amounts of data in digital format, but studies on the loss of clinical and health data in large EHR systems have shown that EHR has insufficiently recorded various treatment data such as diagnosis, admission, specialist treatment, hospitalization, and medication [1, P.1144-1145].

In the literature [2, P.1-2], many cases have been reported in which loss of data in HIS leads to errors in medication and damage to other patients. The missing data is also a major impediment to large data research in the health sector.

In [3, P.80-82], it has been shown that the treatment data of patients lost are widespread in EHRs, and thus do not provide complete accuracy in machine learning to perform prediction and classification tasks. The main reasons for missing data in health care organizations were the format of documents and the unstructured data format.

In [4, P.40-42], one of the main causes of missing data in HIS is treatment data written in unstructured text format and listed them. Based on the analysis of these previous studies, it was found that the main reason for missing data in HIS was that the primary source of treatment data was dependent on the format of the home and was not completely standardized.

As an initial source of data, the pathology business report consisted of specific procedures and pathological findings performed by the pathologist, assistant. The standardization of pathology business reports is incomplete in the sense that the pathology business reports have unstructured features and, consequently, are only partially performed in EHRs. The standardization of partial pathology business reports requires that not only EHRs but also all subjects who can operate in all HIS should be interchanged.

In this paper, we formalize SNOMED CT-based pathology business reporting, analyze the time of sample preparation on the performance of pathology testing, the characteristics of a normalized pathology business reporting dataset compared to a non-standardized pathology business reporting dataset are evaluated based on a machine learning algorithm.

### **Standardization of SNOMED CT-based pathology business reports**

The SNOMED CT (Systematized Nomenclature of Medicine Clinical Terms) is a clinical health care terminology that aims to provide systematization, computerizability, and consistent, clear and effective clinical documentation [5]. Since the first SNOMED CT was published in January 2003, updated versions have been released twice a year.

In SNOMED CT, the description is not a text definition of the concept but a label that describes the concept, of which SNOMED CT contains only 4000. SNOMED CT can be used as interface terminology and is interconnected with International Primary Care (ICPC-2), International Care Practice Classification (ICNP), LOINC, as well as WHO classifications (ICD-10 and ICD-O of International Classification of Diseases).

LOINC is used to specify a question (e.g., 29308-4: "What is the diagnosis?"), and SNOMED CT is used to specify the answer (e.g., 3723001: "arthritis"). In addition, the provision of a script to convert SNOMED CT into OWL (Web Ontology Language) representation has enabled the use of SNOMED CT in general data management tools .

For standardization of pathology testing, it is necessary to ensure that the test referrals and reports contain all the necessary information and specify the standard parameters that should be included in the recommendation and reporting. These parameters should consist of the minimum data sets necessary for the pathologist to document and report the report.

These essential datasets are the basis for patient diagnosis, future treatment, and tumor registration. We defined the standardized parameters for pathology business reporting as follows.

**[Definition] The five-member set of the following characteristics is called the standard code (STANDARD\_CODE).**

$$\text{STANDARD\_CODE} = \{\text{KR, SI, MD, PP, TA}\} \quad (1)$$

The KR (Kind of Report) is the information that refers and reports the examination of the relevant specimen to make a definitive diagnosis of the patient's disease. The specimens included biopsies (so-called biopsies), cytology (spontaneous secretions, punctures, etc.), and surgical material.

SI (Sample) is information about sample type, sample status, sample size, number, hardness, appearance, appearance, sampling area, staining type, and method of staining. Species of specimens include biopsy, cytology, and surgical material. The specimen condition reflects the specimen's condition, including the exact extent of resection of the specimen taken for examination, and the presence of carcinomatous infiltration of the resection tip.

The MD (Method) reflects how to perform the test on the captured object.

PP (Purpose) represents the purpose of referring to a corresponding test. This is of great significance in the histological and cytological diagnosis of the patient's disease.

TM (Time) is the time information of the examination, which means whether the operation was performed before the examination, when it was performed, and the time of the procedure. From the above parameters, we obtain the minimum set of parameters necessary to generate the corresponding report. In the pathology business report, standardization is achieved by applying SNOMED CT to the donor site, sampling method and staining name in SI and MD of STANDARD\_CODE.

The characteristics of the proposed formulation are as follows.

- Ontology based on the formalization of pathology information that provides sharing and reuse of domain knowledge defines the pathology domain knowledge, which provides knowledge sharing that can be exchanged between various applications in a machine learning approach.

- Using SNOMED CT to represent pathological symptoms data smooths the integration of HSI and pathological systems. This maximizes the data analysis of the pathology monitoring system for less missing data and improved data analysis.

- Standardized pathology business reports allow time-based analysis of the pathology team's sampling process for pathology examination of patients to obtain useful statistical results.

- Pathology business reports with standardized data facilitate content retrieval for quality control of the test. For example, two pathology business reports of the same disease used in two different hospitals can be numerically retrieved and compared by comparing the SNOMED CT terms and codes.

### **Time estimation algorithm for sample preparation using SNOMED CT**

The time management of sample preparation performed during pathology is very important to reduce the overall time of pathology and to ensure the accuracy of pathology diagnosis. Time-consuming may prevent other patients from receiving necessary medical care due to lack of medical personnel and may not increase diagnostic accuracy in pathological examination. Pathological reports that record the

time to initiation and the time to completion of the preparation may be of great help in discovering inefficient processes associated with time management.

We propose a sampling time estimation algorithm according to the pathology business report made by SNOMED CT.

The output of this algorithm is the maximum, minimum, and average time of sample preparation obtained for all patients who underwent pathology within a certain period of time (e.g., 1 year).

**Input:** sample\_set (sample\_id, sample\_startTime, sample\_endTime) /\* Sample data set (sample id for each sample manufacture data, sample manufacture start time, sample manufacture finish time)\*/

**Output:** max\_duration[SCTID], min\_duration[SCTID], avg\_duration[SCTID] /\*

Maximum sample fabrication time, minimum sample fabrication time, and average sample fabrication time for each sample preparation state. \*/

**Data structure:** SCTID: A variable for storing the SCTID of sample data

Sample\_duration[SCTID]: List hash table for each manufacturing state of each sample data.

Total\_duration[SCTID]: A list to store the total manufacturing time of each sample data.

```

1 Begin
2   Foreach record1 ∈ sample_set do
3     Foreach sam_state ∈ record do
4       SCTID ← sample_SCTID
5       If(SCTID ∉ sample_duration[SCTID])then
6         Add SCTID to sample_duration[SCTID]
7       End
8       Sample_duration[SCTID] ← sample_endTime- sample_startTime
9     end
10  End
11  Foreach record2 ∈ sample_duration[SCTID] do
12    Total_duration[SCTID] = 0
13    Max_duration[SCTID] = min_duration[SCTID]= duration[0]
14  // Manufacturing time of first-sample manufacturing state in record
15  For i ← 0 to length of record do
16    Total_duration[SCTID] ← total_duration[SCTID]+duration[i]
17    If(duration[i] > max_duration[SCTID])then
18      Max_duration[SCTID] ← duration[i]
19  End
20    if(duration[i] < min_duration[SCTID]) then
21      min_duration[SCTID] ← duration[i]
22  End
23  End
24  Avg_duration[SCTID] ← total_duration[SCTID]// length of record
25  End

```

26 End

We performed the same sampling process and pathology diagnosis process on two datasets(500 items) to compare the normalized and non-standardized pathology business reports, and evaluated them using the C5.0 machine learning algorithm. The first dataset is normalized pathology business reports, the second dataset is non-standardized pathology business reports, and the datasets are divided into training/testing sets. To avoid generalizing the results from the single split, we conducted experiments at the ratios of 70:30 and 80:20 training/test.

We evaluated the pathology business reports by including the range of accuracy, sensitivity, specificity, and precision, such as Eqs. (2), (3), (4), and (5).

In the expressions, TP, TN, FP, and FN represent positive, positive, negative, and negative, respectively.

$$\text{Accuracy} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (2)$$

$$\text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (3)$$

$$\text{Specificity} = \frac{TN}{TN+FP} \quad (4)$$

$$\text{Precision} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (5)$$

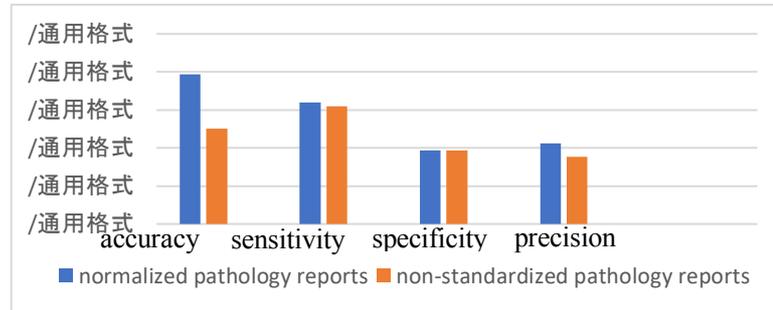


Figure 1. Experimental results: General measurement method, 70:30

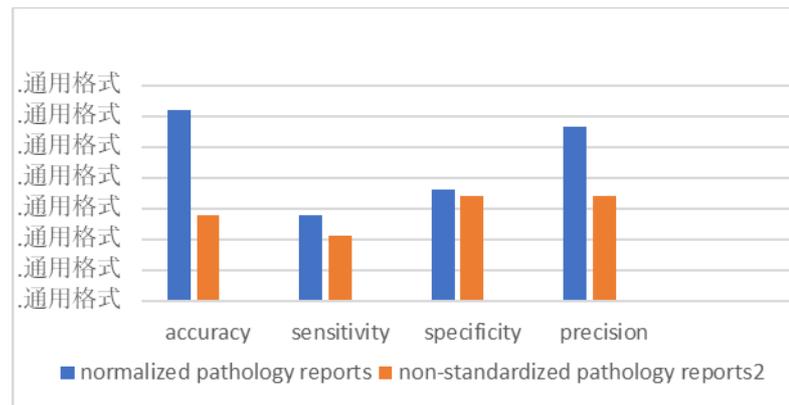


Figure 2. Experimental results: General measurement method, 80:20

As shown in Figures 1 and 2, the performance of the pathology business report model including the sampling time appears to be better than the pathology business report model without sampling time according to the measurement method considered. As the most common evaluation index, accuracy was estimated overall efficiency, and as a result, the normalized pathology business reporting dataset (85%

and 92%) showed better accuracy compared to the non-standardized pathology business reporting dataset (77% and 85%) for the split ratios 70:30 and 80:20.

Also, for the evaluation index sensitivity, the normalized pathology business report dataset showed better performance, and the specificity was the same or higher for both datasets. Accuracy was shown to outperform the normalized pathology business report dataset at both training/testing ratios as a positive predictor.

The results of the laboratory analysis show that the standardized pathology business reporting model can improve the quality of pathology examination by reducing the loss of data for patients and having a rich dataset such as sample preparation.

## Findings

We formalized SNOMED CT-based pathology reporting, analyzed the time of sample preparation on the performance of pathology testing, and evaluated the test characteristics of a standardized pathology reporting dataset against a non-standardized pathology reporting dataset based on a machine learning algorithm.

The proposed pathology model has been shown to optimize hospital resources, provide better care for patients, and enable detailed statistical analysis of pathology reports.

Specifically, the following conclusions were drawn from the test quality evaluation of pathology diagnosis between the pathology report dataset containing time information in the preparation and the pathology report dataset without time information in the preparation of the samples.

The high quality of pathology is highly dependent on the preparation of specimens, and for all types of tests requiring pathology, the time of sampling is important to improve the quality of health care in the hospital.

## References

1. J. M. Madden, et al., 2016. Missing clinical and behavioral health data in a large electronic health record (EHR) system: *J. Amer. Med. Inform. Assoc.*, vol. 23, no. 6, P. 1143-1149.
2. J. Codella, et al., 2019. An ensemble approach for imputing missing EHR data: in *Proc. IEEE Int. Conf. Healthcare Informat. (ICHI)*, P. 1-3.
3. Majid Rastegar-Mojarad, et al., 2017. Need of informatics in designing interoperable clinical registries: *International Journal of Medical Informatics*, vol.108, P. 78-84.
4. A. Alahmar, et al., 2018. Application of data mining techniques to predict the length of stay of hospitalized patients with diabetes," in *Proc. 4th Int. Conf. Big Data Innov. Appl. (Innovate-Data)*, P. 38-43.
5. 2020. SNOMED CT, SNOMED International. Accessed: Jan. 15, 2020.[Online]. Available: <https://www.snomed.org/snomed-ct>.

## СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ГИС-ТЕХНОЛОГИИ

УДК 004.658

### НОВЫЙ ПОДХОД К ХРАНЕНИЮ ГЕОМАГНИТНЫХ ДАННЫХ

#### A NEW GEOMAGNETIC DATA STORING APPROACH

Орлов Г.О., Воробьева Г.Р.,  
ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий»,  
г. Уфа, Российская Федерация  
G.O. Orlov, G.R. Vorobeva,  
FSBEI HE “Ufa University of Science and Technology”, Ufa, Russian Federation

e-mail: orlovgleb99@mail.ru

**Аннотация.** В качестве нового решения для улучшения процесса исследования параметров геомагнитных тензорных полей был предложен подход, основанный на оптимизации хранения данных. В рамках этого подхода представлена гибридная структура базы данных для хранения параметров геомагнитного поля. Она включает в себя реляционную модель для хранения метаданных, которая учитывает направление приборов наблюдения, расположение обсерваторий, тип хранимых данных, а также интервалы их получения. Также в рамках новой гибридной структуры была предложена колончатая структура базы данных, которая способствует увеличению производительности обработки данных. Для обеспечения централизованного размещения результатов исследований и оперативного доступа к необходимым данным разработана специальная структура каталогов данных, в которой используется иерархическая система директорий по протоколу FTPc декомпозицией по годам и месяцам наблюдений. Также было исключено хранение тех параметров, которые могут быть оперативно вычислены при помощи библиотечных функций, что оптимизирует расход объема дискового хранилища. Важным элементом решения стало использование бинарного формата Apache Parquet, который позволил существенно улучшить производительность работы с атрибутивными параметрами тензорного поля за счет более быстрого обращения к кэшу и более быстрой обработки компьютером. Этот формат обеспечивает эффективное хранение данных и позволяет выполнять сложные операции с ними в короткие сроки. Каждой магнитной станции присваивается свой XML-документ, из которого в свою очередь выгружается секция CDATA с необходимыми данными о тензорном поле.

**Abstract.** As a new solution to improve the process of studying the parameters of geomagnetic tensor fields, an approach based on optimizing data storage was proposed. As part of this approach, a hybrid database structure is presented for storing geomagnetic field parameters. It includes a relational model for storing metadata that takes into account the direction of observation instruments, the location of observatories, the type of stored data, and the intervals at which they are retrieved. Also as part of the new hybrid structure, a columnar database structure was proposed, which helps to increase data processing performance. To ensure centralized placement of research results and prompt access to the necessary data, a special structure of data catalogs has been developed, which uses a hierarchical directory system via the FTP protocol with decomposition by years and months of observations. It was also excluded from storing those parameters that can be quickly calculated using library functions, which optimizes the consumption of disk storage space. An important element of the solution was the use of the Apache Parquet binary format, which significantly improved the performance of working with attribute parameters of a tensor field due to faster cache access and faster computer processing. This format provides efficient storage of data and allows you to perform complex operations with it in a short time. Each magnetic station is assigned its own XML document, from which the CDATA section with the necessary data about the tensor field is in turn downloaded.

**Ключевые слова:** геомагнитные данные, тензорное поле, метаданные, большие данные, бинарные данные.

**Keywords:** geomagnetic data, tensor field, metadata, big data, binary data.

## **Введение**

Данные о геомагнитном поле, собираемые наблюдательными пунктами и магнитными станциями в реальном времени помогают отслеживать изменения в геомагнитном поле, а также выявить закономерности его пространственно-временного распределения. Это необходимо для прогнозирования геофизической обстановки и корректировки работы навигационных систем.

Проблема в том, что в настоящее время программное обеспечение для хранения и обработки геомагнитных данных недостаточно эффективно, и исследователи вынуждены анализировать такие данные путем скачивания результатов наблюдений из репозиториев геомагнитных данных, которые организованы глобальными и региональными центрами по сбору геомагнитных данных [1].

Используемый в настоящее время общепринятый формат LAGA2002 обладает рядом проблем, вследствие которых требуется разработка нового подхода к организации хранения геомагнитных данных. Одной из таких проблем является избыточность формата, поскольку в нем используется множество технических символов, часто повторяющиеся метаданные,

повторяющаяся информация, что приводит к тому, что важная для исследователей информация составляет лишь 30% от общего объема данных. Также стоит отметить, что используются низкоскоростные протоколы для передачи данных, отсутствует API для подключения веб-сервисов, а также снижена производительность программных средств в связи с необходимостью обработки больших объемов данных. Годовой архив минутных значений для параметров тензорного поля занимает объем в 40 МБ, а выполнение однопредикатного запроса к данному архиву займет в среднем 70 с.

Вышеописанные проблемы, возникающие при применении формата LAGA2002 приводят к необходимости совершенствования формата хранения данных тензорного поля. Для решения данной задачи предлагается использование нового гибридного формата для хранения данных магнитного поля, включающего в себя три взаимосвязанных компоненты и использование правил ссылочной целостности, объединяющих иерархическую, реляционную и колончатую модели данных. Также предлагается комбинировать бинарные и текстовые данные. Данные решения приводят к увеличению скорости отклика программных средств и снижения объемов используемой памяти.

### Представление метаданных

Для описания метаданных предлагается использовать реляционную модель, представленную несколькими сущностями (рисунок 1). В качестве родительских сущностей выступают справочники с параметрами обсерваторий, в то время как экземпляры дочерних сущностей представляют собой конкретную магнитную станцию с определенным набором параметров. Сущности связаны друг с другом отношением «один ко многим».

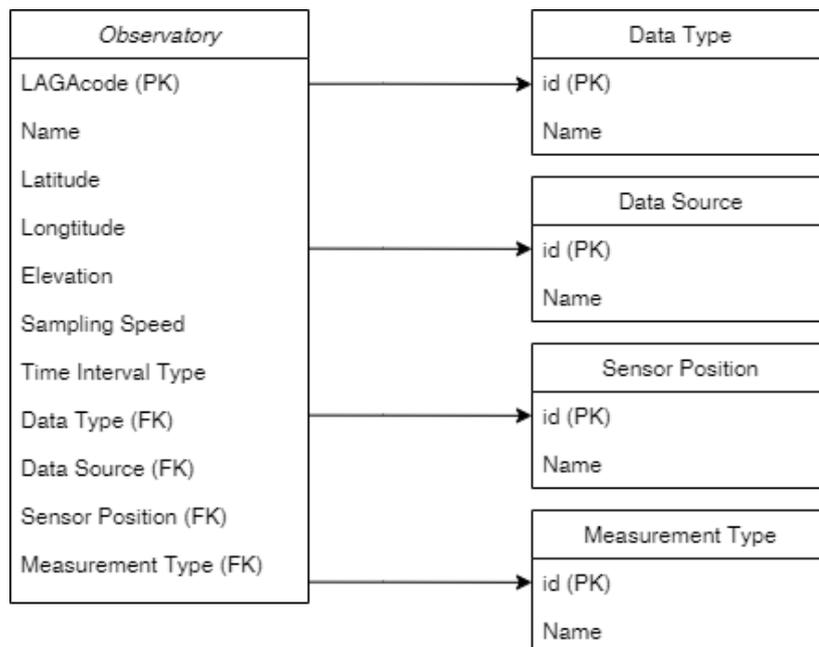


Рисунок 1. Модель метаданных

Сущность Observatory предназначена для сведений о магнитной станции. Ее идентификатор – LAGA-код, который ограничен 3-мя символами и присваивается каждой станции, зарегистрированной в сети. Полное название обсерватории указывается в поле «Name». Поля «Latitude», «Longitude» и «Elevation» необходимы для определения местоположения станции и являются широтой, долготой и высотой на уровне моря соответственно [2]. Поле «SamplingSpeed» содержит скорость оцифровки полученных данных тензорного поля. Поле «TimeIntervalType» определяет один из двух видов сохранения данных в зависимости от шага дискретизации. Это могут быть мгновенные значения либо средние значения за определенный интервал.

Сущность «DataType» указывает на допустимый тип данных геомагнитного поля. Наименование ведущей организации указывается в сущности «DataSource», а направление измерительных приборов - в сущности «SensorPosition». Также необходимо учитывать, какие типы параметров геомагнитного поля собираются обсерваторией, что указывается в сущности «MeasurementType».

Введение такого рода метаданных позволяет сократить затраты памяти, обеспечить единый доступ к данным во всех обсерваториях сети, а также предотвратить дублирование информации.

### **Описание структуры каталогов**

В большинстве случаев результаты наблюдений в геомагнитных станциях размещаются согласно иерархической системе директорий, что может быть обеспечено протоколом FTP. Корневым элементом в данном случае будет выступать каталог с названием магнитной сети, ниже по иерархии располагаются каталоги, соответствующие году наблюдений, каждый из которых декомпозируется на каталоги с результатами наблюдений по месяцам.

Файловая структура должна быть древовидной и может быть описана с помощью формата XML (Extensible Markup Language). В таком случае все результаты наблюдений должны быть представлены отдельным XML-файлом с данными тензорного поля для каждой магнитной станции [3]. В итоге для получения данных необходимо будет предоставить код соответствующей обсерватории и интересующий год наблюдений. Такое централизованное размещение данных облегчает к ним доступ, а также повышает скорость выполнения программного запроса.

### **Описание новой структуры данных геомагнитного поля**

Постоянно растущий объем данных тензорного геомагнитного поля в случае применения текстового формата приводит к серьезному повышению времени отклика, что ставит под сомнение целесообразность применения такого формата данных (время отклика составляет 8 с, вместо рекомендованных с точки зрения эргономики программного обеспечения 3 с).

Прежде всего необходимо выделить несколько лишних параметров, хранение которых избыточно. К таким параметрам относятся, например, порядковый номер дня, который может быть вычислен библиотечной функцией [4]. Также неэффективно хранить дату и время регистрации параметров тензорного поля для каждой строки, что решается использованием XML-формата с датой в качестве временной метки.

Далее необходимо выбрать структуру СУБД. В случае данных тензорного геомагнитного поля имеется малое количество столбцов, частые операции выборки и крупные обновления данных [5]. Все это подчеркивает эффективность использования колоночных СУБД. Эти базы данных обеспечивают высокую скорость и гибкость выполнения запросов, сохраняя преимущества SQL и соответствуя требованиям ACID. Линейное чтение с диска при такой структуре делает обработку файла более предсказуемой, что повышает скорость выполнения запросов за счет более эффективной работы кэша.

Также имеет смысл рассмотреть в качестве используемого формата для хранения данных тензорного поля Apache Parquet, поскольку он позволяет управлять сжатием данных в столбцах. Также его бинарный формат сохраняет данные в виде, удобном для обработки с точки зрения системы, что ускоряет работу с данными. Parquet также позволяет извлекать только необходимые столбцы при выполнении запросов, что повышает производительность обработки данных и экономит место при хранении. Данные в формате Parquet представлены схемой документа, описывающей структуру данных, и самими геомагнитными данными. Для хранения используются 5 столбцов: один для временной метки и остальные для компонентов геомагнитного поля. Также ко всем столбцам применяется алгоритм сжатия gzip.

### **Интеграция предложенных решений**

Интеграция вышеописанной структуры данных представлена на общей схеме (рисунок 2). В качестве корневого элемента используется реляционная структура метаданных, представленная в первом разделе статьи. Далее каждой магнитной станции выделяется XML-документ с LAGA-кодом в качестве идентификатора. В свою очередь в каждом XML-документе содержатся блоки CDATA для каждого года наблюдений, в которых находятся геомагнитные данные в бинарном виде в формате parquet.

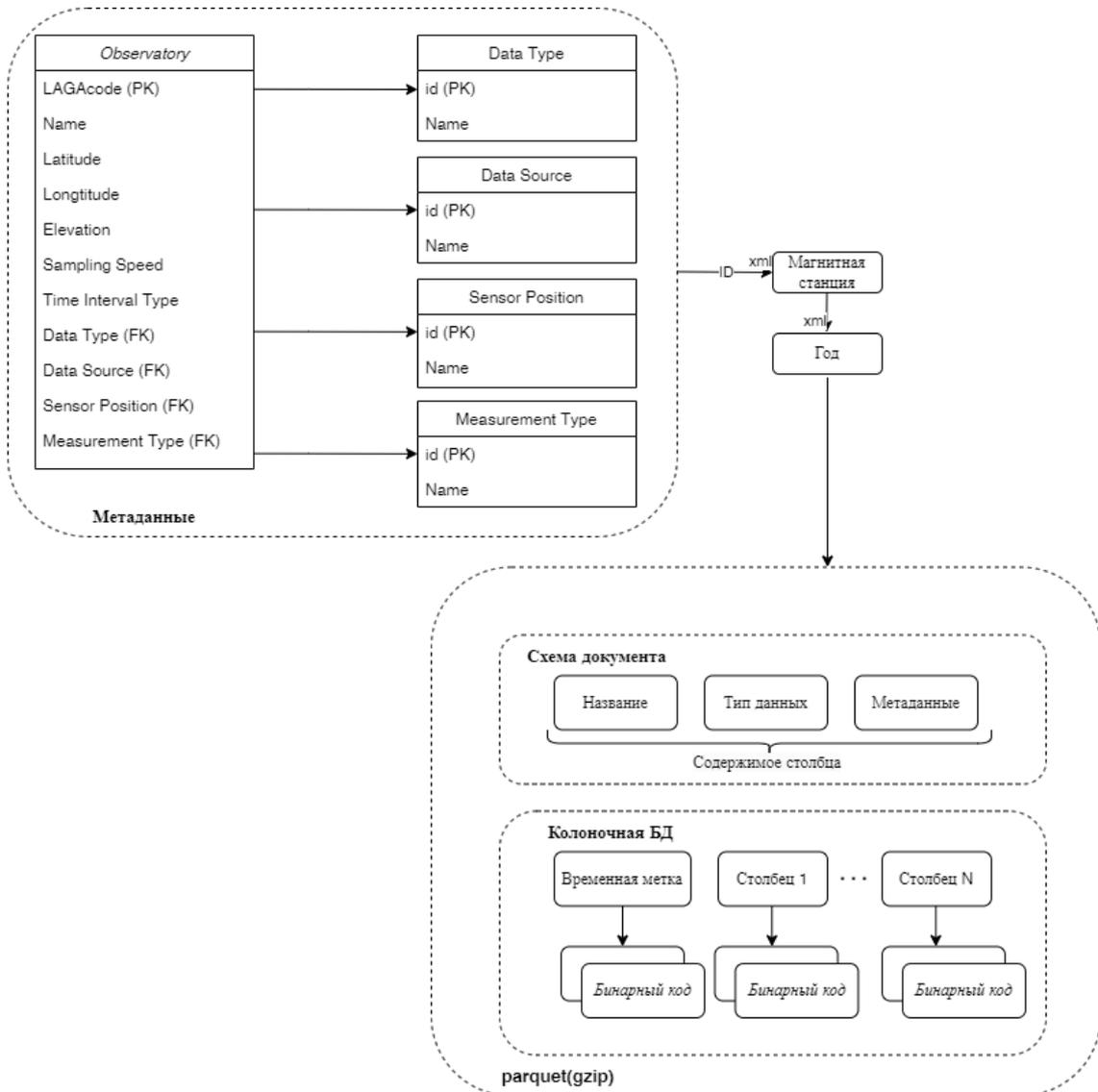


Рисунок 2. Гибридная схема представления данных тензорного поля

Взаимодействие с данной структурой происходит в следующем порядке:

- 1) выгружаются метаданные по LAGA-коду;
- 2) по LAGA-коду происходит обращение к XML-файлу обсерватории;
- 3) из XML-файла при помощи запроса xPath выгружается конкретная секция CDATA с искомыми данными о тензорном поле;
- 4) выполняется фильтрация, группирование и агрегирование результатов.

## Выводы

Разработана новая гибридная структура для хранения геомагнитных данных. Предложенный подход сокращает время реагирования системы и объем хранимых данных за счет устранения лишних параметров, которые при необходимости могут быть вычислены библиотечными функциями и использования колончатой модели данных. Также предложенная структура обеспечивает более быстрое обращение к дисковому кэшу за счет бинарного

формата хранения геомагнитных данных. В совокупности новый подход оптимизирует процесс исследования геомагнитного поля и позволяет более оперативно получать те или иные атрибутивные значения параметров тензорного поля.

### Литература

1. Воробьев А.В., Воробьева Г.Р., Юсупова Н.И. Концепция единого пространства геомагнитных данных // Тр. СПИИРАН. 2019. Т. 18, № 2. С. 390–415.
2. Воробьев А.В. Интерактивная компьютерная модель для прогноза и анализа полярных сияний / А. В. Воробьев, А. А. Соловьев, В. А. Пилипенко, Г. Р. Воробьева // Солнечно-земная физика. – 2022. – Т. 8, № 2. – С. 93-100. – DOI 10.12737/szf-82202213. – EDN YLVVDW.
3. Vorobev, A.V. Web-Based Information System for Modeling and Analysis of Parameters of Geomagnetic Field / A.V. Vorobev, G.R. Shakirova // Procedia Computer Science : 1st, Anggrek Campus, Jakarta, 24–26 августа 2015 года. – Anggrek Campus, Jakarta, 2015. – P. 73-82. – DOI 10.1016/j.procs.2015.07.339. – EDN VAOAJZ.
4. Воробьев, А.В. Индуктивный метод восстановления временных рядов геомагнитных данных / А.В. Воробьев, Г.Р. Воробьева // Труды СПИИРАН. – 2018. – № 2(57). – С. 104-133. – DOI 10.15622/sp.57.5. – EDN YVGDKY.
5. Воробьев, А.В. Автоматизированный анализ невозмущенного геомагнитного поля на основе технологии картографических веб-сервисов / А.В. Воробьев, Г.Р. Шакирова // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. – 2013. – Т. 17, № 5(58). – С. 177-187. – EDN RPWYQF.

## СЕТИ И ТЕЛЕКОММУНИКАЦИИ

UDC 004.382.4

### A METHOD FOR OBTAINING THE DIFFUSION LAYER RESISTANCE INFORMATION FROM THE MEASURING DATA OF A SOLAR CELL

### МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ О СОПРОТИВЛЕНИИ ДИФФУЗИОННОГО СЛОЯ ИЗ ДАННЫХ ИЗМЕРЕНИЙ СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА

Hyon Ho Sin, Su Bok Wang, Kum Chol Ri, Hyok Chol Jo, Jin O Hong  
Ltd. “RN-Purneftegas”,  
FSBEI HPE “Institute of Physics Engineering, Kim Chaek University of  
Technology”, Ryusong dong, Central-District, Pyongyang, Democratic People’s  
Republic of Korea

Син Хён Хо, Ван Су Бок, Ри Кум Чол, Джо Хёк Чол, О Хонг Джин,  
ООО «РН-Пурнефтегаз»,  
ФГБОУ НРЕ «Физико-технический институт Технологического университета  
Ким Чаека», Рюсондон, Центральный округ, г. Пхеньян, КНДР

e-mail:gfstcn@126.com

**Abstract.** From the importance of problem in determining separately the diffusion layer resistance in a solar cell that was being discussed seriously in the evaluation of series resistance measuring and structure formation, we proposed a new equivalent model to indicate more sufficiently the real structure of a solar cell. On the basis of it, this paper has presented a new approach to determine the series resistance (the diffusion layer resistance) information of a solar cell from the measuring data of current-voltage characteristic.

**Аннотация.** Из-за важности проблемы определения отдельно сопротивления диффузионного слоя в солнечном элементе, которая серьезно обсуждалась при оценке измерения последовательного сопротивления и формирования структуры, мы предложили новую эквивалентную модель для более адекватного указания реальной структуры солнечного элемента. На ее основе в данной статье представлен новый подход к определению информации о последовательном сопротивлении (сопротивлении диффузионного слоя) солнечного элемента из данных измерений вольт-амперной характеристики.

**Keywords:** solar cell, diffusion layer resistance, series resistance, resistance information, equivalent circuit model.

**Ключевые слова:** солнечный элемент, сопротивление диффузионного слоя, последовательное сопротивление, информация о сопротивлении, модель эквивалентной схемы.

## Introduction

To improve decisively the maximum output of a solar panel, used as the power source of utility satellites, it is primarily suggested the issue to measure and analyze the characteristic of a solar cell more detailed and accurately. This paper focused on establishing the methodology determining accurately the series resistance information content, which affects the energy conversion efficiency of a solar cell and presented the improved equivalent circuit model with a great significance in theory and practice.

### 1. The series resistance in a solar cell

The simple equivalent circuit [1, 5, 7, 8, 9] (Figure 1). In this case, the equation of current–voltage characteristic is as follows[1,2,3,5,6,7,8,9].

$$I = I_s \left[ \exp\left(\frac{eU}{k_0T}\right) - 1 \right] - I_{ph} \quad (1)$$

There is a series resistance computing mode of the various pattern of electrode structure, but the analysis data of unit structure of grid strip electrode, which is widely used, were reported [8,10].

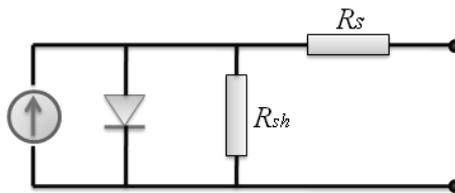


Figure 1. The simple equivalent circuit of a solar cell

Figure 2 shows the grid strip electrode structure of a solar cell and equivalent resistance circuit in detail. In the Figure,  $R_1$  is the resistance of contact strip,  $R_2$  is the contact resistance between diffused region and electrodes (ohmic contact resistance),  $R_3$  is the resistance of grid strip,  $R_4$  is the resistance of diffused region for carriers flowing to contact strip,  $R_5$  is the resistance of diffused region for carriers flowing to grid strip,  $R_6$  is the resistance of bulk region (substrate) and  $R_7$  is the contact resistance of bulk region to bottom electrode (ohmic contact resistance).  $R_8$  is the resistance of bottom electrode.

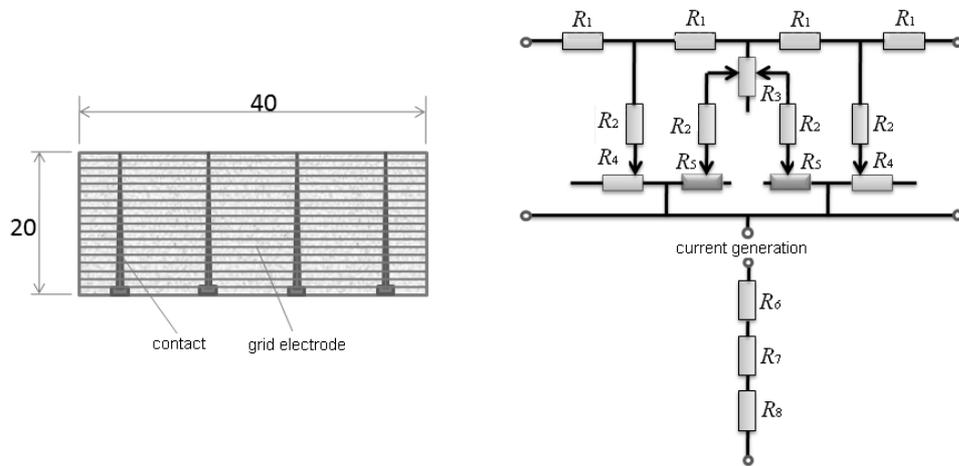


Figure 2. Electrode structure and equivalent resistance circuit of a solar cell

## 2. Improved equivalent circuit model of a solar cell

In order to represent the actual structure more in detail, improved equivalent model of a solar cell was proposed. Figure 3 shows the unit structural model and the flow diagram which the photocurrent flows.

Here, it can be considered that there are no the photocurrent and the resistance of diffusion layer in the elementary cells underneath the grid strip electrode.

Here, the half of interval between two adjacent grid lines is divided into  $n$  elementary cells and then the simple equivalent circuit is applied to each of them (Figure 1).

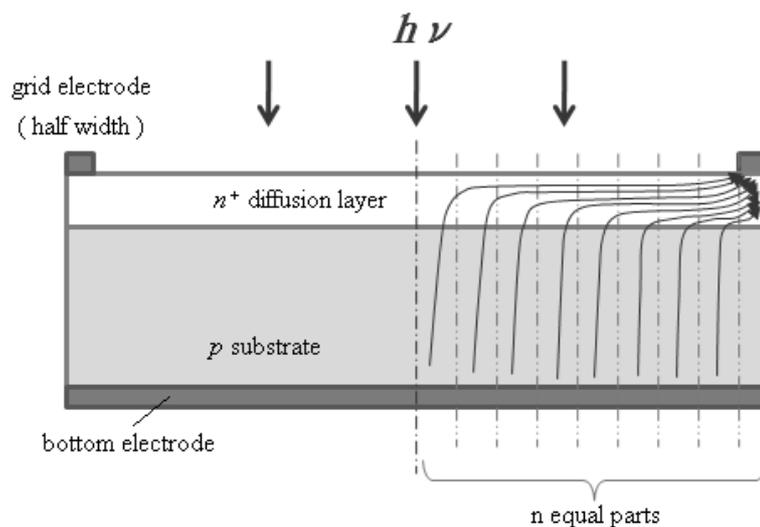


Figure 3. The unit structural model and the current flow of a solar cell

The improved equivalent circuit of a solar cell, which is composed of these elementary cells (Figure 4).

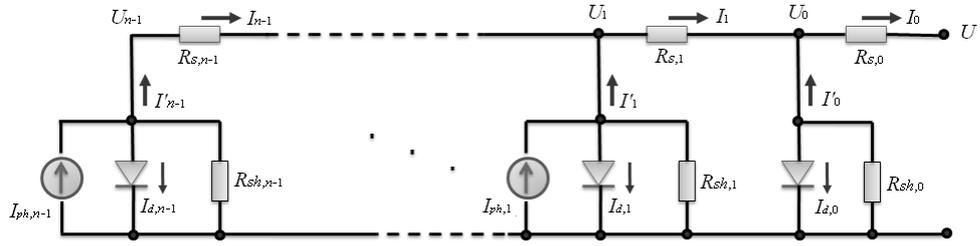


Figure 4. New equivalent circuit of a solar cell

In Figure 4, the subscripts from 1 to  $n$  stand for the elementary cells, which is divided into the half of interval between two neighbor grids.  $R_{S,0}$  is the series resistance corresponding to the elementary cell underneath the grid strip, and includes all the series resistance components (contact resistance, semiconductor bulk resistance and so on) except for resistance of the diffusion layer. Thus, residual elementary cells except for the elementary cell underneath the grid strip seem to be included only in a resistance component of the diffusion layer. And series resistances of these elementary cells,  $R_{S,i}$  ( $i=1,2,3,\dots,n-1$ ) seem to divide resistance of the diffusion layer  $R_{S,diff}$ , into equal  $n-1$  elements.

$I_{d,i}$  ( $i=0,1,2,3,\dots,n-1$ ) is the current flowing through  $p-n$  junction and is given by:

$$I_{d,i} = I_{S,i} \left[ \exp\left(\frac{eU_i}{k_0T}\right) - 1 \right] \quad (2)$$

Here  $U_i$  is the voltage across  $p-n$  junction of the  $i^{\text{th}}$  elementary cell and  $I_{S,i}$  is the saturation current through the  $i^{\text{th}}$  elementary cell.

$I_{ph,i}$  is the photocurrent of the  $i^{\text{th}}$  elementary cell and when the total photocurrent is expressed as  $I_{ph}$ ,  $I_{ph,i}$  is given by:

$$I_{ph,i} = I_{ph} / (n-1) \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n-1) \quad (3)$$

As the elementary cell underneath the grid strip electrode is covered with the electrode, it is considered here that the photocurrent is not appeared. i.e.  $I_{ph,0} = 0$ .

Assuming that the outside voltage is  $U$  and the current through  $R_{S,0}$ ,  $I_0 = I$ , the voltage drop across  $R_{S,0}$  is  $IR_{S,0}$ . For each elementary cells the following current-voltage relationship is expressed as

$$\begin{cases} U_0 = U + IR_{S,0} \\ I = \sum_{i=0}^{n-1} I'_i \\ I'_0 = I_{ph,0} - I_{S,0} \left[ \exp\left(\frac{eU_0}{k_0T}\right) - 1 \right] - \frac{U_0}{R_{sh,0}} \\ I_{ph,0} = 0 \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} U_1 = U_0 + I_1 R_{S,1} \\ I'_1 = I_1 - I_2 = I_{ph,1} - I_{S,1} \left[ \exp\left(\frac{eU_1}{k_0 T}\right) - 1 \right] - \frac{U_1}{R_{sh,1}} \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} U_2 = U_1 + I_2 R_{S,2} \\ I'_2 = I_2 - I_3 = I_{ph,2} - I_{S,2} \left[ \exp\left(\frac{eU_2}{k_0 T}\right) - 1 \right] - \frac{U_2}{R_{sh,2}} \end{cases} \quad (6)$$

... ..

$$\begin{cases} U_{n-1} = U_{n-2} + I_{n-1} R_{S,n-1} \\ I'_{n-1} = I_{n-1} - I_n = I_{ph,n-1} - I_{S,n-1} \left[ \exp\left(\frac{eU_{n-1}}{k_0 T}\right) - 1 \right] - \frac{U_{n-1}}{R_{sh,n-1}} \end{cases} \quad (7)$$

### 3. The method for determining series resistance in a solar cell

Let's mark the currents through all the nodes and the voltages across all the nodes of improved equivalent circuit of a solar cell as shown in Figure 5.

The current balance equation of  $i^{th}$  elementary cell is obtained by:

$$I_i = I_{i+1} + I_{S,i} - I_{S,i} \left[ \exp\left(\frac{eU_i}{k_0 T}\right) - 1 \right] - \frac{U_i}{R_{sh}} \quad (8)$$

$$U_i = U_{i+1} + I_i R_{S,i} \quad (9)$$

where  $I_n=0, I_0=I$ .

When we set the value to  $U_{n-1}$  and obtain  $I_{n-1}$  by equation 11,  $I_0$  and  $U_0$  by equation 12 and  $U$  by equation 13, a point  $(U, I)$  of current-voltage characteristic is determined.

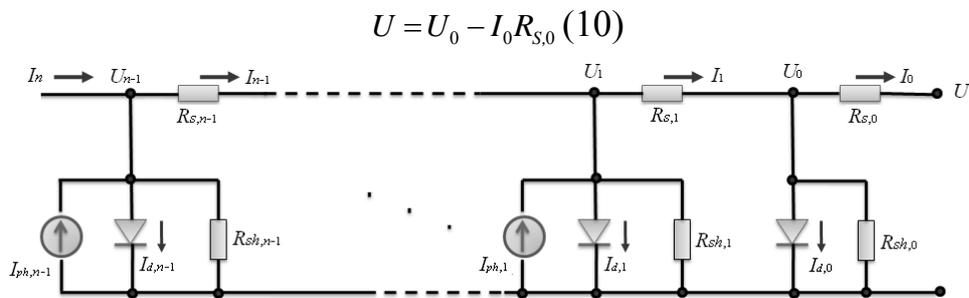


Figure 5. Current marks and voltage marks at the nodes of new equivalent model

In the series resistance analysis, the current-voltage curve is obtained by changing the value of  $I_{ph}, I_S, R_{sh}, R_{S,0}$  and  $R_{S,i}$ . And then the values which the sum of

the square of the deviation is minimized are found by comparing with experimental measuring results.

Example of the measured experimental data of a silicon solar cell sample used in analyzing and estimating of the series resistance is as follows.

$(U, I) = \{(0.00, 0.2108), (0.01, 0.2079), (0.02, 0.2075), (0.03, 0.2072), (0.04, 0.2068), (0.05, 0.2064), (0.06, 0.2061), (0.07, 0.2057), (0.08, 0.2054), (0.09, 0.2050), (0.10, 0.2046), (0.11, 0.2043), (0.12, 0.2063), (0.13, 0.2052), (0.14, 0.2041), (0.15, 0.2030), (0.16, 0.2044), (0.17, 0.2017), (0.18, 0.1974), (0.19, 0.2084), (0.20, 0.2083), (0.21, 0.2070), (0.22, 0.2078), (0.23, 0.2094), (0.24, 0.2095), (0.25, 0.2100), (0.26, 0.2109), (0.27, 0.2103), (0.28, 0.2090), (0.29, 0.2089), (0.30, 0.2072), (0.31, 0.2082), (0.32, 0.2107), (0.33, 0.2108), (0.34, 0.2113), (0.35, 0.2110), (0.36, 0.2114), (0.37, 0.2108), (0.38, 0.2096), (0.39, 0.2086), (0.40, 0.2069), (0.41, 0.2062), (0.42, 0.2072), (0.43, 0.2070), (0.44, 0.2054), (0.45, 0.2064), (0.46, 0.2024), (0.47, 0.2011), (0.48, 0.1948), (0.49, 0.1907), (0.50, 0.1861), (0.51, 0.1730), (0.52, 0.1629), (0.53, 0.1569), (0.54, 0.1282), (0.55, 0.1065), (0.56, 0.0789), (0.57, 0.0439), (0.58, 0.0015), (0.59, -0.0467), (0.60, -0.1123), (0.61, 0.1845), (0.62, 0.2713)\}$

First, the value of parameter is decided approximately by simple method. And then more accurate parameter, which the sum of the square of the deviation is minimized by comparing with experimental measuring results, is decided by using equation 1 with the change of value of  $I_{ph}$ ,  $I_S$ ,  $R_{sh}$  and  $R_S$ . The result is expressed as:

$$\begin{aligned} I_{ph} &= 0.21 \text{ A} & I_S &= 3.7 \cdot 10^{-11} \text{ A} \\ R_{sh} &= 481 \Omega & R_S &= 0.07 \Omega \end{aligned}$$

Here, the sum of square deviation  $\Delta = \sum (I_{mi} - I_{ci})^2$  is equal to  $9.84 \cdot 10^{-3}$ . The linear interpolation was applied between the actual measuring data.

Next, the parameters based on improved equivalent circuit were estimated by equation 8 and 9. The result is obtained by:

$$\begin{aligned} I_{ph} &= 0.21 \text{ A} & I_S &= 3.7 \cdot 10^{-11} \text{ A} \\ R_{sh} &= 400 \Omega & R_{S,diff} &= 0.16 \Omega \\ R_{S,0} &= 0.002 \Omega & \Delta &= 1.11 \cdot 10^{-3} \end{aligned}$$

Throughout the analysis result, the following conclusions can be obtained.

Firstly, the value of photocurrent and saturation current can be obtained rather accurately by the simple equivalent circuit model, too. The value of the shunt resistance is obtained as different value if it is determined by the different method, but it does not affect greatly the change of the current-voltage curve.

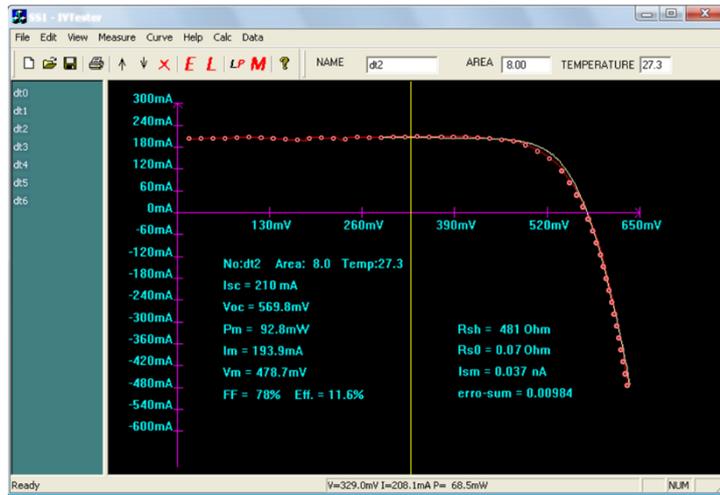


Figure 6. Current-voltage curve of the measuring value approximated by using the preceding simple equivalent circuit.

Secondly, the estimation of series resistance based on the simple equivalent circuit model is not correct. Only with equation 8 and equation 9 based on the improved equivalent circuit model, it can be estimated separately and correctly the diffusion layer series resistance component of among total series resistance components.

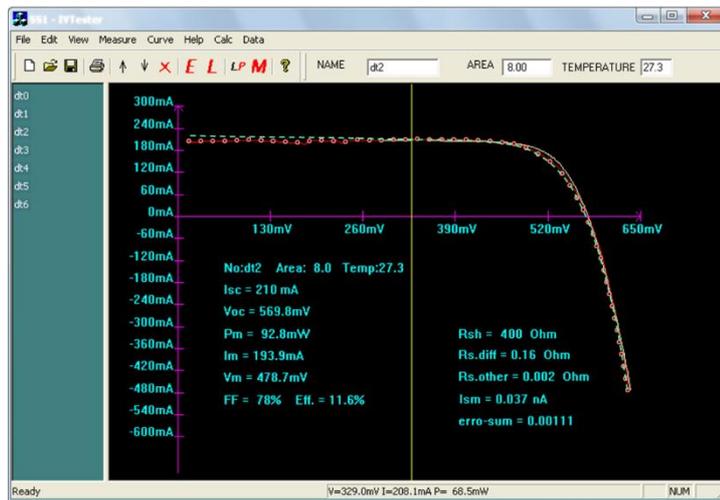


Figure7. Comparison of the measuring data with the approximated current-voltage curves—current-voltage curve based on the simple equivalent model  
 -----current-voltage curve based on the improved equivalent model  
 ○○○○○ actual measured value (impress a mark upon the measured curve)

It can be seen that influence of the diffusrd layer resistance in the measuring curve appears seriously in the bending part.

Figure 6 and Figure 7 show the result of curve approximation obtained on the basis of least square method by using the preceding simple equivalent circuit and the improved equivalent circuit for measuring experiment data of the solar cell in the example of the measured experimental data.

As we can see here, current-voltage characteristics based on the improved equivalent circuit model conforms to measuring points better.

Like this, when we consider the series resistance in two components, that is,  $RS_{diff}$  related to the diffusion layer structure and  $RS_0$ , the sum of the residual components, we can explain clearly the reason for the falling of conversion efficiency in a solar cell manufacturing process for forming a  $0.2\sim 0.3\mu\text{m}$  thin diffusion layer structure on the  $2\text{cm}\times 4\text{cm}$  in area.

This is a reliable mean which makes the management of a solar cell manufacturing process more scientific.

## Findings

In this paper it has suggested as a main problem to distinguish the components of series resistance information and determine the series resistance information, which is one of the important parameters for deciding the conversion efficiency, and has performed the research and analysis about it.

Especially, this paper has suggested improved equivalent model to show separately the diffusion layer resistance and has derived more generalized current-voltage characteristic equation on the basis of it. And the series resistance information were analyzed and valued throughout the measuring data of the Si solar cell.

This is a significant product of study that enables to analyse separately the diffusion layer resistance information among the series resistance components of a solar cell and improve the yield in the manufacturing process better.

## References

1. Wojciech Dawidowski et al. The influence of top electrode of InGaAsN/GaAs solar cell on their electrical parameters extracted from illuminated I–V characteristics // *Solid-State Electronics*. 120(2016). P. 13–18.
2. P. Dai et al. Carriers transport properties in GaInP solar cells grown by molecular beam epitaxy // *Microelectronics Journal*. 200(2014). P. 9–13.
3. M.A. Mannan, M.S. Anjan, M.Z. Kabir Modeling of current–voltage characteristics of thin film solar cells // *Solid-State Electronics*. 63(2011). P. 49–54.
4. Monem Krichen et al. A simple analytical model of thin films crystalline silicon solar cell with quasi-monocrystalline porous silicon at the backside // *Microelectronics Journal*. 40(2009). P. 120–125.
5. Ali Cheknane et al. An equivalent circuit approach to organic solar cell modeling // *Microelectronics Journal*. 39(2008). P. 1173–1180.
6. Sasa Sokolic et al. Lumped Series Resistance of Solar Cells as a Result of Distributed Sheet Resistance // *Solid-State Electronics*. Vol.36, No.4 P. 623-630, 1993
7. P. Wanger et al. Silicon solar cells // *Microelectronics Journal*. 19(1988), P. 37–50.

8. D. Fuchs and H. Sigmund, Analysis of the Current-Voltage Characteristic of Solar Cells // Solid-State Electronics, Vol.29, No.8, P. 791-795, 1986
9. Jean-Pierre Charles et al. A Critical Study of the effectiveness of the Single and Double Exponential Models For I-V Characterization of Solar Cells // Solid-State Electronics, Vol.28, No.8, P. 807-820, 1985
10. R.J. Handy, Theoretical Analysis of the Series Resistance of a Solar Cell // Solid-State Electronics Pergamon Press, 1967. Vol.10, pp.765-775.

## СИСТЕМНОЕ ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА

UDC 004.056.5

### RESEARCH ON IMPLEMENTATION AND EFFECTIVENESS OF ABAC MODEL BASED ON SECURE INFORMATION RESOURCE ACCESS CONTROL IN LARGE-SCALE INFORMATION SYSTEM USING WEB DYNAMIC DATA STYLE SHEETS

### О РЕАЛИЗАЦИИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕЗОПАСНОГО КОНТРОЛЯ ДОСТУПА К ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ПОДКЛЮЧЕНИЕМ НА ОСНОВЕ СВОЙСТВ В КРУПНОМАСШТАБНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЭБ-ДИНАМИЧЕСКОГО ЛИСТА ДАННЫХ

Yong Gol Jo, Chol Man Ho, Song Ho Pak, Chol Jin Hwang,  
Myong Suk Pak, So Yong Jang, Kun Jong,  
Faculty of Information Science, “Kim Il Sung University”,  
Pyongyang, DPR Korea

Чо Ён Голь, Хо Чхоль Ман, Пак Сон Хо, Хван Чхоль Чжин, Пак Мён Сук, Чан  
Со Еён, Чен Гун,  
Факультет информационной науки  
«Университет имени Ким Ир Сена» г. Пхеньян, КНДР

e-mail: [gfstcn@126.com](mailto:gfstcn@126.com), [gfstk@star-com.net.kp](mailto:gfstk@star-com.net.kp)

**Abstract.** With the advent of e-government in recent years, many large-scale information systems have been developed to realize it. The characteristics of these systems are the high number of users and the increasing amount of information resources managed, which has led to the growing research effort to achieve secure access control. Today, there are cases where large-scale information systems development methods use only static interfaces and only dynamic data style sheets such as Web Excel. In this paper we describe a method for establishing secure information resource access control in terms of permission setting for static interfaces and dynamic data style sheet sending and data aggregation, based on a large-scale information system that synthesizes static interface and web dynamic data style sheet. The efficiency of access control should be such that the system administrator’s authorization management costs are minimized, together with the security performance. Therefore, we designed and implemented an optimized method to minimize the burden of system administrators while ensuring information resource management using attribute-based access control. The experimental results show that our proposed method is improved compared to the previous access control methods

in terms of authority management performance. The proposed method can be used in any large-scale information system.

**Аннотация.** В последнее время появились е-правительство, и для реализации его были разработаны обширные информационные системы. Характеристики этих систем включает увеличение числа пользователей и управляемых информационных ресурсов, для которых существует много исследований для обеспечения более безопасного контроля доступа. Сегодня в крупномасштабном методе развития информационных систем есть случаи, когда используются только статические интерфейсы и использование только интерфейсов динамических типов данных, таких как веб-Excel. В этой статье описывается способ реализации безопасного контроля доступа к информации с точки зрения разрешения, динамического стиля и агрегации данных на статических интерфейсах, основанных на крупномасштабных информационных системах, которые используют комплексные статические интерфейсы и веб-динамические модели. Эффективность контроля доступа должна быть сведена к минимуму затраты на расходы управления системного администратора с производительностью безопасности. Итак, мы разработали и реализовали оптимизированный подход для минимизации бремени системного администратора, даже при безопасном управлении информацией с использованием контроля доступа к атрибуту. Экспериментальные результаты показывают, что наш метод улучшает управление доступом к эффективности управления по сравнению с предыдущими методами. Предлагаемый метод может использоваться в любой крупномасштабной информационной системе.

**Keywords:** Accesscontrol, Informationsecurity, Indicator Management, Attribute Group, Informationsystems.

**Ключевые слова:** Контроль доступа, Безопасность информации, Управление показателями, Группа атрибутов, Информационные системы.

### Literature Review

In previous research, many access control methods and models have been investigated.  $ABAC_{\alpha}$  model covers DAC, MAC and RBAC and  $ABAC_{\beta}$  extends RBAC model are proposed. The core components of  $ABAC_{\alpha}$  model are users, subjects, objects, user attributes, subject attributes, object attributes, permissions, authorization policies, and constraint checking policies for creating and modifying subject and object attributes.[1, P.16–18, P.40-47] Further research is being carried out to use attribute-based access control model in electronic medical record system. [2, P.5–8] The RABAC model, which combines the RBAC model and ABAC model, is mentioned.[3, P.58–60] Recently, in cloud computing environment and the multimedia services also have been studied for attribute-based access control. [4, P.7–

10, 5, P.1–2, 6, P.1–6, 7, P.1–8] However, no research has been done on access control methods in large-scale information systems using dynamic data style sheets.

## Proposed Method

Proposed integrated access control system configuration is as follows.

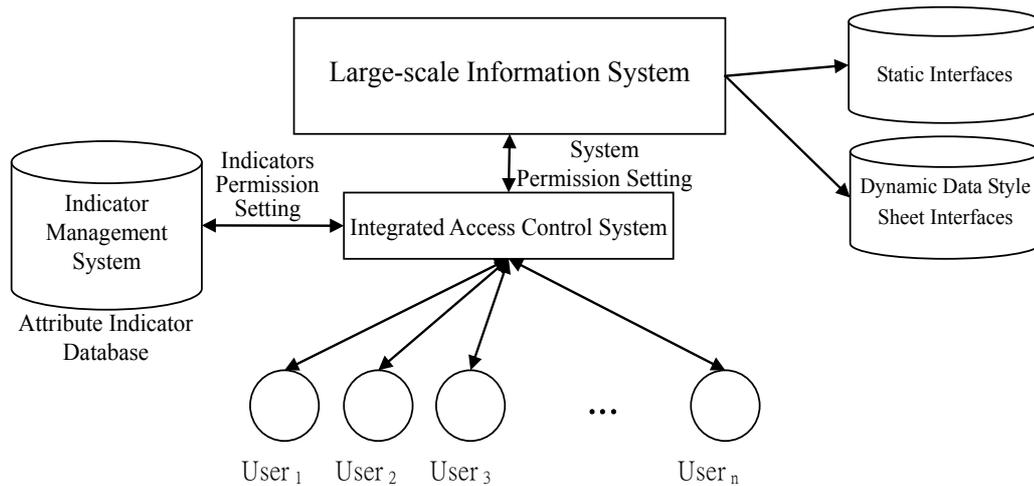


Figure 1. Proposed integrated access control system configuration

In Figure 1, the indicator management system is a system for unique management of attribute information used in the overall systems, and it manages the database for attribute indicator setting. A large-scale information system consists of static interfaces and dynamic data style sheet interfaces, and it manages the permission to read all function interfaces and the permission to use data within the interface, depending on the user's attributes. To achieve access control, we must set the attribute relations in advance and set the information resource access control policy for each attribute relation, which can be set according to the characteristics of the system. Most information systems are multi-service environments, consisting of a combination of sub-information systems, and can use multiple servers depending on the system characteristics. In such cases, if the attribute indices are not unified, the attribute-based access control model cannot be used. That is, the property indices that are managed uniquely on all servers must be set to allow the access control management of users for all service environments. In addition, in multi-service environments, the system can be secured by coordinated authorization management of users.

### 1) Attribute Relation Setting and Attribute Group Setting.

Information systems using role-based access control are unsuitable for large information systems, although system administrators may have set the role of each user due to the small size of the system and the small number of users. The attribute-based access control model, unlike the role-based access control model, must take the authorization set according to the initial attribute relation, which is the burden of the

system administrator and gradually decreases as the system operates. In this category, attributes can be classified into proactive, object, and environment attributes, and the most relevant case is between individual proactive attributes, proactive attributes and object attributes. In other words, the number of sets of relations between attributes is just the number of access control policies.

The subject attributes can be set as user's leading organ, department, job, function, and section information, object attributes are set as "read" and "write" for static interface, and "style sheet addition", "style sheet data read", "style sheet data write", "style sheet reference", and "style sheet deletion" for dynamic style sheet interface. To minimize the burden of system administrators, we set up a group of attributes and apply the authorization policy. Then, the permission set by the attribute group should only be granted the least common permission, and the additional permission set should be based on the concrete attribute relation. Since there is a hierarchy of attributes according to the characteristics of the indicators, we must set the authority based on this, and at the same time, we must perform attribute grouping to set the authority to enhance the ease of use of the system administrator.

## 2) Authorization Proxy Setting

In role-based access control, as well as attribute-based access control, the authorization proxy problem arises because of the large number of users and their high transaction throughput. We have analyzed the overall access control for an information system in a smooth and uniform way, and it is relatively reasonable to perform the key content of authorization proxy service as a layer of authorization.

The permission layer proposed in this paper is set as attribute layer, business layer, operation set layer, and operation layer, and each layer has to be authorized to ensure security and smoothness simultaneously. The authorization proxy service has the advantage of being able to handle function flows continuously and quickly, but it also has a very serious security problem. Authority proxy services are services that system administrators and subsystem administrators delegate their authority, and the proxy setting for the entire or sub-authority is also important, but should be protected against the proxy authority. That is, the system administrator should not interfere with the authority set by the subsystem administrators, and the subsystem administrators should not interfere with the authority set by the system administrator. Therefore, in authorization proxy services, the security performance depends on how the database is designed according to the category of leader.

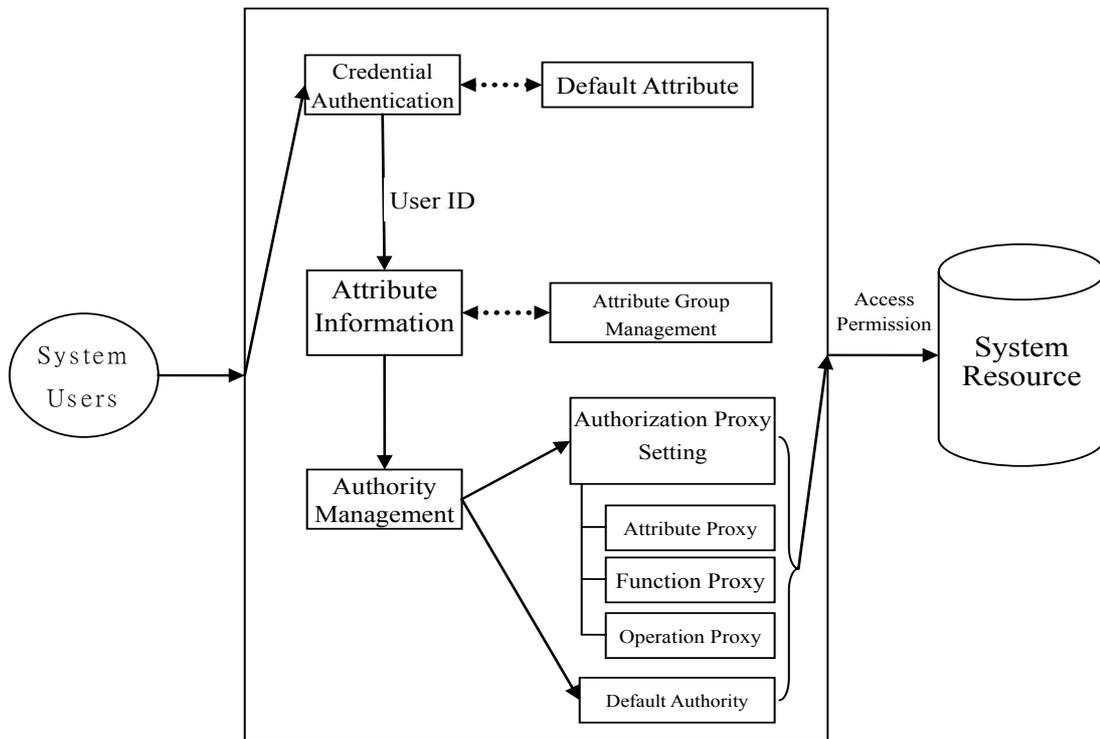


Figure 2. Access control flow using improved authorization proxy model

Thus, to allow authorization proxy to be authorized and to flexibly revoke proxy rights without affecting the underlying system, we must completely separate the database tables used by the system administrator from the database tables used by the proxy.

### 3) Framework of AGABAC model

Figure 3 shows the access control framework of the AGABAC model. Users registered in the system are assigned business permissions based on the attributes assigned. That is, the system administrator must assign attributes to users before using the system. According to the business characteristics, hierarchical and group relations are constructed between attributes. As shown in the model, the system user can optimize the authorization management for a large number of users using a large-scale information system using attribute groups. If the number of leader attributes is  $m$ , the number of object attributes is  $n$ , and the number of environment attributes is  $k$ , the worst attribute relation number is  $m \times n \times k$ . If you set business rights without group setting for this relationship, the system administrator's burden becomes very large.

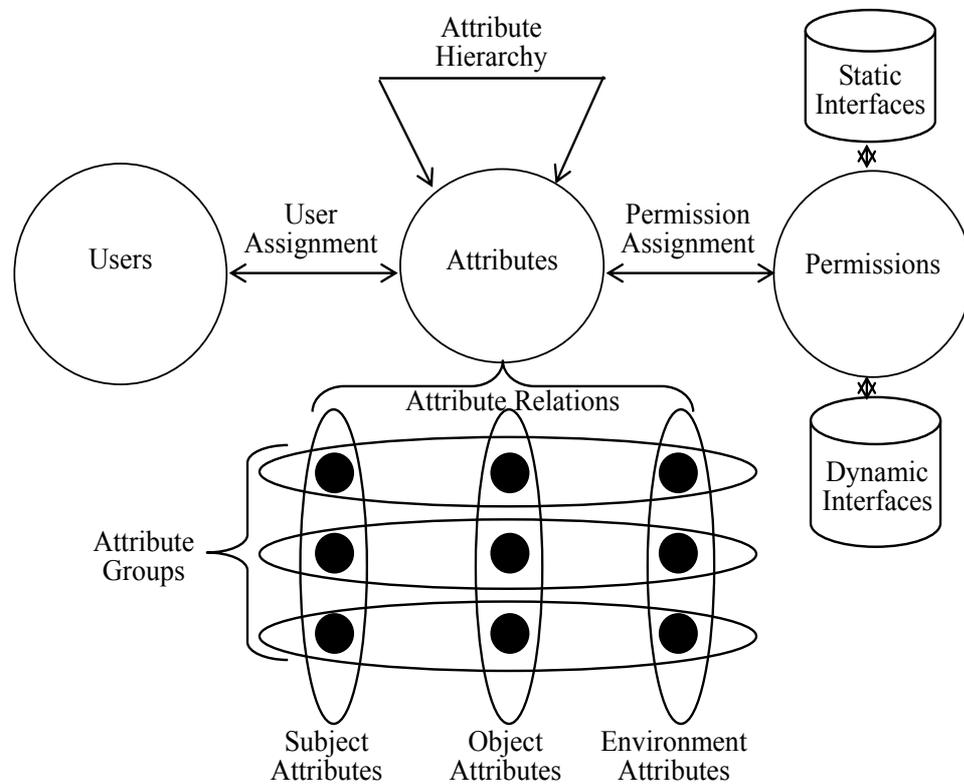


Figure 3. The framework of proposed AGABAC model

#### 4) Access Authority Policy on Information Resources

Information resources are classified into information system interface resources and indicator data resources, and thus, folding authorization policies are constructed. Information system interface resources can be classified into static interface and dynamic style sheet interface. First, the permission set for static interfaces can be done only by the system administrator, as in the role-based access control model. However, the permission setting for dynamic style sheet interfaces is different from the reading and writing permissions for data in a region or department, such as modifying style sheet data and reading aggregated data. To do this, you must set the leader in the area and department and reset the permission to read and modify the form accordingly.

Given that the premise for performing attribute-based access control is that attribute-indicator management, all transactions in a large information system are based on the indicator, so that if the user does not specify the indicator available, it is possible to launch a request-forgery attack to browse illegal data.

That is, we must set access policy for the indicator management system. The access policy for this is set to be according to the attribute group. The system is large and has a large number of users, and there is a large degree of positional variation, and changing the attributes will automatically set the permissions to it, so that the system administrator does not need to be involved.

The mathematical formulation of the access control policy is as follows.

$$\begin{aligned} \text{ATTR}(s) &\subseteq \text{SA}_1 \times \text{SA}_2 \times \dots \times \text{SA}_k \\ \text{ATTR}(o) &\subseteq \text{OA}_1 \times \text{OA}_2 \times \dots \times \text{OA}_m \quad (1) \end{aligned}$$

$$\text{ATTR}(e) \subseteq EA_1 \times EA_2 \times \dots \times EA_n$$

In formula (1), 'S' is subject, 'O' is object, 'E' is environment.

$SA_k(1 \leq k \leq K)$ ,  $OA_m(1 \leq m \leq M)$ ,  $EA_n(1 \leq n \leq N)$  is earlier defined attributes for subjects, objects and environments.

The Access control rule is as follows.

$$\text{Rule: can\_access}(s, o, e) \leftarrow f(\text{ATTR}(s), \text{ATTR}(o), \text{ATTR}(e)) \quad (2)$$

the policy rule that determines whether the subject  $s$  can access an object  $o$  in a particular environment  $e$  is a Boolean function of the attributes of  $s$ ,  $o$ ,  $e$ . Given all attribute assignments of  $s$ ,  $o$ ,  $e$ , if the output of the function is true, access to the object is allowed. Otherwise, the access is denied.

## Finding

The access control method proposed in this paper uses an attribute-based access control model, in which an attribute group is added to minimize the system administrator's authorization overhead, and in the authorization proxy, a function proxy, an operation proxy and an attribute proxy are also used to ensure the system utilization smoothness.

We present methods for coordinated authority management in a multi-service environment, to improve the security performance of the system against information resources, and to explicitly describe the prerequisites for using attribute-based access control. We have developed the preconditions for designing a complete access control system applicable to any large-scale information systems and proposed a method to validate the validity of the authority set. Table 1 shows the performance evaluation with other models.

Table 1. performance evaluation of proposed model in this paper

Access Control Model	Setting Groups	Authority Proxy mode	Authority Validation
RBAC[5, P.1-2]	Role Hierarchy Setting	Role Proxy	Least Authority Setting
ABAC <sub><math>\alpha</math></sub> [1, P.16–18]	Role Hierarchy Setting	Role Proxy	Least Authority Setting
ABAC <sub><math>\beta</math></sub> [1, P.40-47]	Role Hierarchy Setting	Role Proxy	Least Authority Setting
AGABAC	Attribute Hierarchy And Group Setting	Attribute, Function, Operation Proxy	Least Authority Setting Based on Attribute Group

## References

1. Xin Jin, Ravi Sandhu, Ram Krishnan, 2014. ATTRIBUTE-BASED ACCESS CONTROL MODELS AND IMPLEMENTATION IN CLOUD INFRASTRUCTURE AS A SERVICE, College of Sciences Department of Computer Science, P. 19–61.

2. Aisha Mohammed Alshiky, 2017. ATTRIBUTE-BASED ACCESS CONTROL (ABAC) FOR EHR IN FOG COMPUTING ENVIRONMENT, International Journal on Cloud Computing: Services and Architecture (IJCCSA) Vol. 7, No. 1, P. 1–8.
3. Hui Qi, Xiaoqiang Di, 2018. Formal definition and analysis of access control model based on role and attribute, Journal of Information Security and Applications, P. 53–60.
4. Meiping Liu, Cheng Yang, 2020. An Efficient Attribute-Based Access Control (ABAC) Policy Retrieval Method Based on Attribute and Value Levels in Multimedia Networks, MDPI, Basel, Switzerland, P. 1–15.
5. Sukesh Bhardwaj, Dr. Surendra Yadav, 2020. Role-Based Access Control(RBAC)in Cloud Computing Security, International Journal of Scientific & Engineering Research Volume 11, Issue 6, P. 1–5.
6. Kaiping Xue, Senior Member, 2022. Efficient and Secure Attribute-Based Access Control With Identical Sub-Policies Frequently Used in Cloud Storage, IEEE TRANSACTIONS ON DEPENDABLE AND SECURE COMPUTING, VOL. 19, NO. 1, P. 1–12
7. Hafsa Ait idar, Hicham Belhadaoui, 2023. A Role-Attribute Based Access Control Model for Dynamic Access Control in Hadoop Ecosystem IAENG International Journal of Computer Science, 50:1, IJCS\_50\_1\_21, P. 1–18.

## СИСТЕМЫ И МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

УДК 004.89:004.056.53

### МОДЕЛЬ ИНТЕГРАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ УЯЗВИМОСТЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

### MODEL OF INTEGRAL ASSESSMENT INFORMATION INFRASTRUCTURE VULNERABILITY

Корнеев Н.В.<sup>1,2</sup>, Шамко К.А.<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина  
г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации г.  
Москва, Российская Федерация

N.V. Korneev<sup>1,2</sup>, K.A. Shamko<sup>1</sup>,

<sup>1</sup>Gubkin Russian State University of Oil and Gas  
Moscow, Russian Federation

<sup>2</sup>Financial University under the Government of the Russian Federation  
Moscow, Russian Federation

e-mail: niccyper@mail.ru

**Аннотация.** В контексте постоянно эволюционирующего киберугрозами ландшафта и повышенного внимания к кибербезопасности, статья представляет собой значимый вклад в области оценки уязвимостей информационной инфраструктуры. Предложенная модель интегральной оценки не только призвана улучшить существующие методы анализа уязвимостей, но и ставит своей целью переход от реактивного к проактивному подходу в обеспечении кибербезопасности. В рамках исследования впервые предложен подход, который расширяет традиционные базовые векторы конфиденциальности, целостности и доступности новыми метриками отражает реальные вызовы, с которыми сталкиваются современные информационные системы. Учет аспектов, таких как несанкционированный доступ, утечка данных, модификация данных, несанкционированное использование вычислительных ресурсов, отказ в обслуживании и нарушение функционирования технических средств, дает возможность с помощью данной модели прогнозировать и предотвращать потенциальные угрозы, повышая уровень защищенности и снижая риски для организаций и пользователей. Модель предусматривает анализ как отдельных уязвимостей, так и их взаимодействия, что позволяет оценить совокупное воздействие угроз на защищенность информационной инфраструктуры в целом. Это делает модель более адаптивной и эффективной в

контексте постоянно меняющихся сценариев атак на информационную инфраструктуру.

**Abstract.** In the context of the constantly evolving landscape of cyber threats and increased attention to cybersecurity, the article represents a significant contribution to the field of vulnerability assessment of information infrastructure. The proposed model for integral assessment is not only aimed at improving existing vulnerability analysis methods but also strives to transition from a reactive to a proactive approach in cybersecurity provision.

Within the framework of the research, a novel approach is introduced for expanding the traditional basic vectors of confidentiality, integrity, and availability with new metrics, reflecting the real challenges faced by modern information systems. Accounting for aspects such as unauthorized access, data leakage, data modification, unauthorized use of computing resources, denial of service, and hardware disruption enables this model to forecast and prevent potential threats, enhancing the level of security and reducing risks for organizations and users.

The model encompasses the analysis of both individual vulnerabilities and their interactions, allowing for the assessment of the cumulative impact of threats on the security of information infrastructure as a whole. This renders the model more adaptive and effective in the context of constantly evolving attack scenarios on information infrastructure.

**Ключевые слова:** несанкционированный доступ, утечка данных, модификация данных, несанкционированное использование вычислительных ресурсов, отказ в обслуживании и нарушение функционирования технических средств, способы защиты, объект критической информационной инфраструктуры.

**Keywords:** unauthorized access, data leakage, data modification, unauthorized use of computing resources, denial of service and disruption of technical equipment, methods of protection, critical information infrastructure object.

Защита информации включает систематическое выполнение ряда мероприятий, охватывающих правовые, организационные и технические аспекты. Эти меры нацелены на предотвращение несанкционированного доступа к информации, её случайного или умышленного искажения, утраты, блокирования, неавторизованного копирования или распространения, а также защиту от любых других нелегальных действий в отношении информации. Дополнительно, данные мероприятия направлены на сохранение конфиденциальности информации с ограниченным доступом и обеспечение права людей на доступ к информации, что имеет ключевое значение для поддержания функциональности и безопасности объектов критической информационной инфраструктуры (КИИ) [1, 2], обеспечивающих основные операции государства и экономическую стабильность.

Безопасность информации означает защиту информации, которая обрабатывается с помощью компьютерных технологий или автоматизированных систем, от любых угроз, будь то внутренние или внешние, способные нарушить её целостность или доступность. Это определение подчеркивает важность поддержания защищённого состояния информации от различных неблагоприятных воздействий [3].

Что касается безопасности КИИ, это условие, при котором инфраструктура защищена настолько, что может надёжно функционировать даже в условиях, когда на неё осуществляются компьютерные атаки [4-7]. Таким образом, уделяется особое внимание способности критической инфраструктуры сохранять свою работоспособность и предотвращать любые попытки её дестабилизации.

В контексте обеспечения безопасности КИИ, существуют три основных принципа, определённых в законодательстве. Эти принципы служат фундаментом для разработки и реализации мер по защите информации:

1. Принцип законности подразумевает, что все меры по обеспечению безопасности должны соответствовать действующему законодательству;
2. Принцип непрерывности и комплексности означает, что обеспечение безопасности должно быть не только постоянным, без перерывов во времени, но и всесторонним, охватывая все аспекты и уровни защиты;
3. Принцип приоритета предотвращения компьютерных атак указывает на важность мер, направленных на предупреждение возможных киберугроз и минимизацию их воздействия на информационную инфраструктуру. Это подразумевает активное выявление и устранение уязвимостей, а также разработку и внедрение проактивных механизмов защиты [8-11].

Из этих принципов следует ключевая задача в области безопасности КИИ: необходимость систематического управления уязвимостями. Это включает в себя постоянное выявление, оценку и устранение уязвимостей, чтобы минимизировать риски потенциальных атак и обеспечить устойчивость критической инфраструктуры перед лицом постоянно меняющихся угроз.

КИИ, функционирующая на базе сетей электросвязи, включает в себя различные компоненты и структуры, обеспечивающие её работоспособность и безопасность. К таким объектам относятся:

- 1) информационные системы;
- 2) информационно-телекоммуникационные сети;
- 3) автоматизированные системы управления субъектов КИИ.

Эти компоненты играют ключевую роль в функционировании КИИ, обеспечивая непрерывность и безопасность критически важных процессов и служб.

Как показывает анализ, большинство объектов КИИ в общем случае представляет собой территориально распределённые системы интенсивно взаимодействующих между собой компонентов, которые обмениваются большим объёмом данных в реальном времени. Это взаимодействие требует

высокой степени синхронизации и надежности, чтобы обеспечивать бесперебойную работу всех элементов системы. Кроме того, такие системы часто подключены к глобальным сетям, что увеличивает их уязвимость перед внешними угрозами и потенциальными кибератаками. Именно поэтому важность защиты этих объектов не может быть переоценена, поскольку любое нарушение в их работе может привести к серьезным последствиям. В связи с этим, особое внимание уделяется созданию многоуровневых систем безопасности, включающих не только физическую защиту объектов и защиту информационных технологий, обеспечивающих их функционирование, но и внедрение процессов по управлению уязвимостями.

Теория защиты информации – это область, объединяющая различные подходы и методологии для защиты данных. Она включает в себя анализ угроз, разработку защитных механизмов и стратегий, а также методы обнаружения и реакции на инциденты безопасности. Среди ключевых направлений в этой области можно выделить следующие:

- 1) криптография;
- 2) управление доступом и идентификация;
- 3) анализ угроз и оценка рисков.

Эти направления теории обеспечения безопасности информации постоянно развиваются и адаптируются к меняющимся условиям и угрозам в мире информационных технологий. В настоящее время в теории защиты информации, как уже упоминалось ранее, стоит задача построения единого подхода по оценке и управлению уязвимостями, который будет включать в себя все аспекты информационной безопасности – от технических до организационных. Цель такого подхода – создание эффективной и гибкой системы, способной не только реагировать на текущие угрозы, но и прогнозировать возможные будущие уязвимости. Это требует интеграции различных источников данных, улучшения аналитических инструментов и разработки новых методов оценки рисков.

Ключевым элементом единого подхода является создание междисциплинарной среды, где технологические, юридические и управленческие аспекты работают вместе для обеспечения комплексной защиты информации. Это включает в себя разработку унифицированных стандартов и процедур, которые могут быть адаптированы к различным типам организаций и специфике их деятельности. Также важным аспектом является обучение и повышение осведомленности сотрудников на всех уровнях организации, чтобы каждый мог внести свой вклад в обеспечение безопасности информационных систем.

Внедрение единого подхода также предполагает активное использование автоматизированных систем для мониторинга и анализа безопасности, что позволяет оперативно выявлять и нейтрализовать угрозы. Интеграция современных технологий, таких как машинное обучение, может значительно повысить эффективность системы управления уязвимостями, предоставляя глубокие аналитические ресурсы.

Обобщая существующие подходы к анализу систем защиты информации объектов КИИ, можно выделить иерархическую структуру, состоящую из нескольких уровней. На верхнем уровне находится разработка национальной стратегии безопасности КИИ, включая законодательные и нормативные акты, которые устанавливают основные рамки для защиты на государственном уровне. Следующий уровень отвечает за внедрение стандартов и процедур управления безопасностью информации на уровне организаций, владеющих или оперирующих элементами КИИ. Это включает адаптацию и применение международных и национальных стандартов, а также разработку внутренних политик и процедур. Третий уровень касается практического применения мер безопасности, таких как системы обнаружения и предотвращения вторжений, системы управления инцидентами и средства шифрования, а также обучение персонала и проведение регулярных аудитов безопасности. На последнем уровне иерархии находится использование технологических решений и инструментов для защиты информационных ресурсов и систем, включая применение физических и программных средств защиты. Эта иерархическая структура способствует системному подходу к защите информации и управлению угрозами, требуя координации и сотрудничества между различными заинтересованными сторонами, что укрепляет устойчивость критической инфраструктуры к киберугрозам на различных уровнях.

Теоретические аспекты оценки уязвимостей в контексте КИИ включают разработку и применение комплексных подходов для анализа и уменьшения рисков, связанных с потенциальными угрозами безопасности. Одним из ключевых элементов в этом процессе является интегральная оценка уязвимостей. Этот метод предоставляет комплексное понимание уровня безопасности информационных систем, объединяя различные аспекты и факторы, которые могут повлиять на их уязвимость. Такой подход предполагает не только анализ отдельных уязвимостей, но и оценку их взаимодействия и совокупного воздействия на защищенность информационной инфраструктуры в целом.

Переходя от общих теоретических основ обеспечения безопасности информации к более конкретным практическим аспектам, важно подчеркнуть роль интегральной оценки уязвимостей в контексте КИИ. Это направление дополнительно расширяет возможности защиты данных, углубляя анализ и применение методов, направленных на минимизацию угроз и усиление безопасности в рамках цифровых систем. В данном контексте, особое внимание уделяется не только идентификации отдельных уязвимостей, но и пониманию их взаимосвязей, что позволяет обеспечить более надежную защиту в ответ на постоянно изменяющийся ландшафт киберугроз.

Проведение интегральной оценки в целом предполагает использование различных методов и инструментов, включая автоматизированные системы для сканирования уязвимостей, аналитические фреймворки для оценки рисков, а также руководства и стандарты по информационной безопасности. Интегральная оценка уязвимостей требует постоянного мониторинга и анализа

информационной среды, а также гибкости в применении мер безопасности, чтобы адаптироваться к постоянно меняющемуся ландшафту угроз.

В контексте повышения уровня защиты информационной безопасности, особое внимание должно уделяться разработке и внедрению комплексных подходов и систем, способных к эффективному мониторингу и управлению уязвимостями. Один из таких комплексных инструментов – база данных угроз безопасности информации (БДУ), разработанная Федеральной службой по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК), представляет собой ключевой элемент в национальной системе защиты информации. БДУ аккумулирует данные о потенциальных угрозах и уязвимостях, что позволяет организациям проводить более точную и оперативную оценку рисков, связанных с информационной безопасностью. Это особенно важно в условиях, когда другие методы и инструменты оценки могут не учитывать новые и возникающие угрозы, характерные для современного цифрового мира.

В последнее время значительно возросло число отечественных производителей программного обеспечения и защитных систем, чьи продукты и уязвимости в них часто заносятся и анализируются исключительно в БДУ. Это делает БДУ особенно ценным ресурсом, так как она предоставляет уникальную информацию, которая не всегда доступна в других международных базах данных.

Кроме того, БДУ ведет реестр проверенных регулятором обновлений безопасности, что значительно упрощает задачу по поддержанию актуального состояния защиты для российских компаний. Эти обновления проходят проверку на соответствие требованиям безопасности, что гарантирует надежность внедряемых мер и минимизацию рисков внедрения вредоносного кода или создания новых уязвимостей в результате обновления.

БДУ также регулярно выпускает бюллетени угроз, которые могут использоваться как индикаторы повышения риска для активов, затронутых указанными уязвимостями. Эти бюллетени содержат подробную информацию о новых и актуальных угрозах, а также рекомендации по минимизации возможного ущерба от их реализации. Регулярный анализ этих бюллетеней позволяет оперативно отражать актуальные угрозы, которые могут быть реализованы.

БДУ предоставляет набор данных, который может быть использован для проведения интегральной оценки уязвимостей. Разработка гибкой методики, которая будет использовать эти данные, является ключевой задачей для улучшения процессов кибербезопасности. Эта методика должна быть способна адаптировать процесс управления уязвимостями к различным условиям и изменяющейся природе угроз, что позволит организациям более эффективно идентифицировать и управлять уязвимостями в своих системах.

Большинство уязвимостей, занесенных в БДУ имеют базовый вектор уязвимости по CVSS 2.0 и CVSS 3.0, где базовым параметром является уровень влияния на конфиденциальность, целостность и доступность. В рамках

исследования впервые предлагается расширить метрики до шести базовых метрик, которые описаны в таблице 1.

Таблица 1. Перечень расширенных базовых метрик

Базовая метрика	Предлагаемое расширение метрики
Конфиденциальность	несанкционированный доступ (далее - НСД)
	утечка данных (нарушение конфиденциальности) (далее – УД)
Целостность	модификация (подмена) данных (далее – МД)
	несанкционированное использование вычислительных ресурсов объекта (далее – НИВР)
Доступность	отказ в обслуживании (далее - ОвО);
	нарушение функционирования технических средств (далее – НФТС)

Данные метрики необходимы к рассмотрению в связи с расширением видов атак, проводимых на объекты (в том числе и КИИ), и их целей. Если рассматривать роли в процессе интегральной оценки уязвимостей получим схему, которая определяет верхнеуровневую декомпозицию перерасчета базового вектора с учетом новых метрик на основе данных из БДУ (рисунок 1).

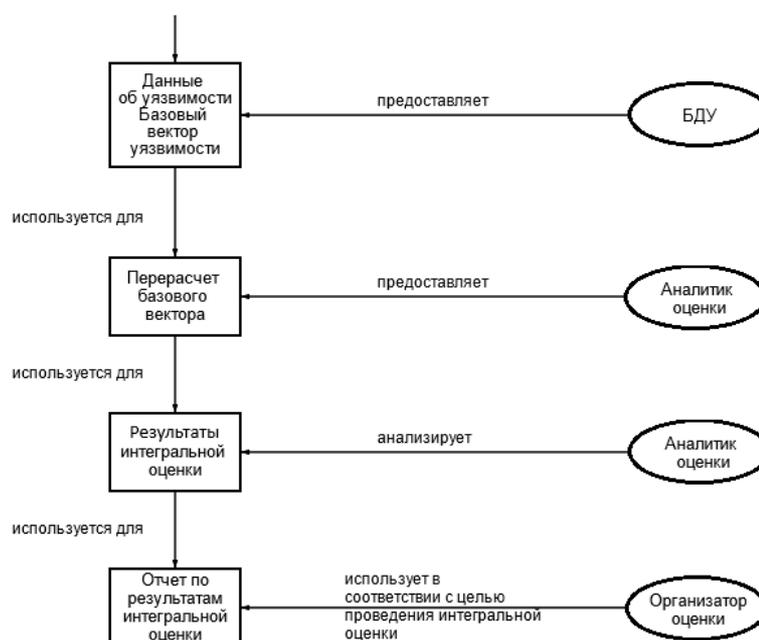


Рисунок 1. Роли в процессе интегральной оценки уязвимостей в рамках перерасчета базового вектора

Методика должна включать механизмы для анализа связей между данными об угрозах, оценивать потенциальные риски и устанавливать рекомендуемые меры по устранению выявленных уязвимостей. Эффективное использование данных из БДУ позволит реализовать комплексный подход к управлению кибербезопасностью, обеспечивая более высокий уровень защиты критически важной информационной инфраструктуры.

При проведении интегральной оценки узла могут возникнуть следующие ключевые проблемы, которые мы предлагаем решить указанным способом, тем самым мы заведомо определяем круг допущений модели интегральной оценки узла, тем самым уточнив область исследования, что указано в таблице 2.

Таблица 2. Проблемы и решения при проведении интегральной оценки узла информационной инфраструктуры

Наименование проблемы	Возможное решение
Отсутствие базового вектора уязвимости	Унифицированная оценка, ручное принятие решение о критичности уязвимости
Отсутствие понятия «трендовые уязвимости»	Ведение дополнительной базы данных с «трендовыми уязвимостями» на основе выпускаемых бюллетеней угроз
Трудность разбиения уязвимости на уточненные критерии	Применение усредненных значений для сохранения степени критичности по CVSS 3.0

В дополнение к преимуществам интегральной оценки уязвимостей также стоит отметить потенциал для автоматизации процесса управления уязвимостями. Интегральная оценка может значительно улучшить не только идентификацию и управление уязвимостями, но и способствовать автоматизации процессов для определенных классов уязвимостей, особенно тех, которые классифицируются как менее критичные. Это позволяет организациям масштабировать свои усилия по кибербезопасности, сокращая время реагирования на угрозы и улучшая общую эффективность управления безопасностью. Автоматизация, основанная на данных интегральной оценки, делает процессы более экономически эффективными и стратегически целесообразными.

Предлагаемая методология оценки также остается в рамках предлагаемым ФСТЭК руководством по организации процесса управления уязвимостями, привнося качественные изменения в процессах 1-3 (рисунок 2).



Рисунок 2. Этапы работ по управлению уязвимостями

Качественные изменения в процессах по управлению уязвимостями:

1) на этапе мониторинга уязвимостей и оценки их применимости интегральная методика оценки позволит количественно определить применимость найденных уязвимостей;

2) на этапе оценки уязвимостей определяется уровень критичности уязвимостей с использованием предлагаемых базовых метрик применительно к информационным системам органа (организации);

3) на этапе определения методов и приоритетов устранения уязвимостей благодаря интегральной оценке получается однозначная оценка приоритетности устранения уязвимостей и выбираются методы их устранения.

## Выводы

В рамках исследования впервые предложен подход, который расширяет традиционные базовые векторы конфиденциальности, целостности и доступности, добавляя новые метрики для более точной оценки рисков. Эти метрики включают такие аспекты, как несанкционированный доступ, утечка данных, модификация данных, несанкционированное использование вычислительных ресурсов, отказ в обслуживании и нарушение функционирования технических средств.

В целом, эффективность интегральной оценки уязвимостей проявляется в улучшении процессов идентификации и управления уязвимостями на нескольких уровнях. Прежде всего, интегральная оценка позволяет организациям получать более полное и глубокое понимание угроз, сочетая в себе анализ уязвимостей не только на уровне отдельных активов или компонентов, но и в рамках всей информационной системы.

С таким подходом интегральная оценка интегрирует различные источники данных (БДУ, CWE, CVSS) и методологии, обеспечивая более широкий контекст для анализа уязвимостей. Это позволяет оценивать не только вероятность эксплуатации конкретной уязвимости, но и потенциальные последствия такой эксплуатации для всей системы. Такой подход способствует выявлению и приоритизации уязвимостей, которые могут иметь наибольшее влияние на безопасность организации.

Предоставляя более глубокие и обоснованные данные, интегральная оценка улучшает качество принятия решений в области управления уязвимостями. Решения о ремедиации могут быть более целенаправленными и эффективными, основываясь на оценке комплексных рисков, а не только на отдельных данных о каждой уязвимости.

Путем определения ключевых уязвимых зон и определения приоритетов в устранении уязвимостей, интегральная оценка позволяет более эффективно распределять ресурсы. Это помогает снизить издержки, связанные с управлением безопасностью, делая процессы более экономичными и целенаправленными.

## Литература

1. Korneev N. V. Intelligent complex security management system FEC for the industry 5.0. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Сер. "Advanced Problems of Electrotechnology" 2020. С. 012016.
2. Корнеев Н.В. Российская индустрия искусственного интеллекта в решении актуальных проблем информационной безопасности. В сборнике: Безопасные информационные технологии. Сборник трудов Двенадцатой международной научно-технической конференции. 2021. С. 89-92.
3. Корнеев Н.В. Алгоритмические и программные методы и средства оценки альтернативных проектов защиты системы обработки информации предприятия на основе многокритериального анализа: монография. Москва: Изд-во «Спутник+», 2013. 117 с.
4. Sani A. S., Yuan D., Yeoh P. L., Qiu J., Bao W., Vucetic B., Dong Z. Y. CyRA: A real-time risk-based security assessment framework for cyber attacks prevention in industrial control systems // IEEE Power and Energy Society General Meeting. 2019. V. 2019-August. P. 8973948.
5. Assenza G., Faramondi L., Oliva G., Setola R. Cyber threats for operational technologies // International Journal of System of Systems Engineering. 2020. Vol. 10(2). pp. 128-142.
6. Yichao Z., Tianyang Z., Xiaoyue G., Qingxian W. An improved attack path discovery algorithm through compact graph planning // IEEE Access. 2019. Vol. 7. pp. 59346-59356.
7. Stav Cohen, Ron Bitton, Ben Nassi Here Comes The AI Worm: Unleashing Zero-click Worms that Target GenAI-Powered Applications. Published in arXiv.org 5 March 2024. DOI:10.48550/arXiv.2403.02817.

8. Korneev, N., & Merkulov, V. (2019). Intellectual analysis and basic modeling of complex threats. Paper presented at the CEUR Workshop Proceedings, 2603 23-28.

9. Korneev, N. V. (2020). Intelligent complex security management system FEC for the industry 5.0. Paper presented at the IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 950(1) doi:10.1088/1757-899X/950/1/012016.

**10.** Korneev, N. (2021). The attack vector on the critical information infrastructure of the fuel and energy complex ecosystem. Paper presented at the CEUR Workshop Proceedings, 3035 59-65.

## СОВРЕМЕННАЯ МЕТОДИКА ПРЕПОДАВАНИЯ ИНФОРМАТИКИ

UDC 004.946

### STUDY ON THE REALIZATION OF THE BLACKBOARD-TYPE REAL-TIME REMOTE LECTURE SYSTEM USING PRE-TRANSMISSION OF LECTURE DATA AND SYNCHRONOUS SIGNAL TRANSMISSION

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОЙ ЛЕКЦИИ ТИПА С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОСКИ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И СИНХРОННОГО СИГНАЛА

Myong Jin Ri, To Il Pang, Chang Gon Ju,  
Faculty of Information Science, “**Kim Il Sung University**”, Pyongyang, DPR Korea  
Ли Мён Чжин, Бан До Ир, Чжу Чан Гэн,  
Факультет информационной науки,  
«Университет имени Ким Ир Сена», г. Пхеньян, КНДР

e-mail: [gfstcn@126.com](mailto:gfstcn@126.com), [gfstk@star-com.net.kp](mailto:gfstk@star-com.net.kp)

**Abstract.** Real-time remote lecture shows high education effect for the exchange of animation, audio and presentations over network between teacher and student in the determined period. In real-time remote lecture, however, the large volume of exchanged data limits the number of subscribers, and in particular, high resolution of presentation is not supported. In this paper, a real-time lecture system is proposed, in which lecture content file in blackboard type lecture are made with multimedia elements and is used in lecture. Teaching tools (e.g. pointer, marker and eraser) and multimedia elements in lecture content file has display time-stamps, at which corresponding elements should be displayed.

If lecture content files with static properties are loaded in server and client beforehand and displayed with synchronization information, real-time lecture with high resolution presentation may require small volume of transmission. Based on the idea, in this paper, realization of blackboard-type remote lecture with dynamic frame generation and reproduction of real-time lecture with index position transmission are studied.

**Аннотация.** Дистанционная лекция в реальном времени имеет высокий эффективность обучения, поскольку учителя и студенты могут подключаться к сети в определенное время для получения и обменять видео, аудио и учебные данные.

Однако в режиме дистанционной лекции в реальном времени большая передача анимации, аудио и лекционных данных, может привести к ограничению числа абонентов, особенно и к отсутствию высокой разрешимости экрана компьютеров.

Наша предлагаемая система дистанционной лекции в реальном времени - это система, которая создаёт лекционные файлы в режиме доски с использованием мультимедийных элементов и использовать в лекции в реальном времени.

Мультимедийные элементы, такие как указательные, мелы, и, резинки включенные в лекционные файлы имеют атрибуты времени презентации и будут отображаться синхронизированными на основе этой информации о времени.

Если предварительно загрузит и синхронизирует файл лекций с статическими характеристиками на сервере и клиенте, может реализовать лекции в реальном времени, используя высококачественную пособию для наглядного обучения с чрезвычайно небольшими количествами передачи данных.

Из этих идей мы представляем методы реализации дистанционного обучения типа доски путем генерации динамического фрейма и воспроизведения дистанционной лекции в реальном времени с помощью передачи индекса.

**Keywords:** blackboard-type, remote lecture, real-time, synchronization signal, index position.

**Ключевые слова:** тип доски, дистанционная лекция, реальное время, синхронный сигнал, положение индекса.

## 1 Introduction

Emergence of Internet and multimedia technology affects contemporary education system greatly, which results in incredible advance. Remote lecture is in fashion in everywhere in the world.

In real-time remote lecture teacher and students connect to the remote education system at the predetermined period and interact with each other.

Cameras and microphones are attached to the computers on the network and help to use the bidirectional dialog or electronic meeting in lecture. Compared with non-real-time lecture, teachers directly take part in education.

In the past information exchange between teacher and student used only text. Nowadays, owing to the development of network communication and multimedia streaming technologies, teacher's real-time video and audio data may be transmitted without limit, which improves the remote lecture as good as conventional classroom lecture [3, P. 1777-1780].

In real-time remote lecture, multimedia data of video, audio, and text used by teacher should be transmitted to the student in real-time [5, P.16-18]. Streaming technology is used to receive and reproduce multimedia data in real-time without downloading large volume of multimedia data beforehand. [6, P. 1-13]

In general, data categories and properties transmitted using streaming technology through network in real-time remote lecture system are as follows [1, P. 327-359].

Table 1. Data categories and properties

№	Category	Property	Size
1	Lecture content	Teaching elements captured on teacher's computer screen during lecture which was edited beforehand. Texts, images, and videos are contained (VGA signal).	Less than 2MBps
2	Audio	Voice data of teacher in lecture	64kbps
3	Video	Teaching actions of teacher captured by camera. In general, there is a certain limit in screen size and transmission rate. (e.g., 352X288 and 25fps)	384kbps
4	Synchronization data	Synchronization signal for audio, video and VGA signal	Several bps
5	Blackboard data	Teacher's chalk information by touch screen on line editing function	Several bps
6	Pointer data	Location information of mouse or pointer of teacher	Several bps

Several real-time remote lecture server programs and network meeting system such as NetMeeting[4, P. 145-151] are used for remote lecture system, all of which use screen capture/compression/transmission scheme. This demands on the network transmission bandwidth and low resolution of multimedia data decreases the teaching effect. The size of lecture content composed of teacher's computer screen or blackboard takes 70% of transmission volume [2, P. 7-18]. The source of screen capture data is mainly multimedia files displayed on browser, i.e., lecture content files. These files are made before the lecture and are much smaller than the real-time screen data captured during lecture (1/300). If these static lecture content are loaded on server and client beforehand and displayed in synchronization, real-time remote lecture may be done with pretty small transmission volume.

In this paper a method for realization of blackboard-type remote lecture system with lecture presentation files loaded on server and client beforehand and displayed them in synchronization is proposed.

The paper is composed as follows: in section 2 non-real-time blackboard-type remote lecture scheme is described. In section 3 indexing method of lecture content according to the lecture topic and dynamic frame generation scheme by synchronization signal transmission are proposed. In section 4, configuration of server and client of blackboard type remote lecture system is described and section 5 evaluate and analyze the transmission volume of lecture content and lecture effect. Section 6 gives conclusion.

## 2 Realization principle of blackboard-type remote lecture

### 2.1 Generation of dynamic frame

In blackboard-type real-time lecture system, various lecture means, such as blackboard, pointer, and chalk, and various multimedia elements, such as scribble on the blackboard, text, picture, and video, are objectified and dispatched on the time axis, and these are displayed on the screen by generating frames dynamically.

Blackboard-type distance lecture contents, LEC may be seen as a set of objects.

$$LEC = \{ ob_i \mid ob_i \in OB, i = \overline{1, N} \} \quad (1)$$

where data structure of object, data unit of lecture is

$$ob_i = \{ (pt, gf) \mid pt = (opt, apt), gf = f(pt) \} \quad (2)$$

where  $pt$  is object property,  $gf$  is presentation method,  $opt$  is data property, and  $apt$  is presentation property.

Blackboard-type distance lecture browser, PLY is a mechanism that delivers data to lecture with LEC.

$$PLY = \{ DO, GO, QA \} \quad (3)$$

Where QA is performance control unit, GO is object selector, and DO is object output unit.

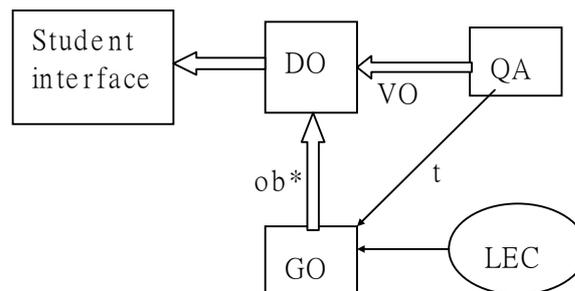


Figure 1. Principle of distance lecture browser

In figure 1,  $ob^*$  is set of objects,  $t$  is synchronization signal and VO is voice. QA, performance control unit, determines the time according to LEC, and generates synchronization signal  $t$  and then sends it object selector GO.

Using synchronization signal  $t$  from QA, GO selects  $ob_i$  that satisfies  $starttime(ob_i) \leq t \leq endtime(ob_i)$  among objects(except audio) and sends them to DO.

Using the transferred objects from GO, DO generates output data for students' interface at present time. DO makes frames that is displayed on the screen and its audio of explanation.

The whole process of lecture is controlled by QA, and according to the synchronization signal  $t$  by QA lecture contents are displayed in students' interface sequentially.

甲、 **Index position transfer**

If lecture files(\*.BDL) are loaded on teacher’s machine(server) and students’ machines(clients) and synchronization for display is exactly determined, VGA signals corresponding the lecture data need not be transferred in streaming type.

For this we are going to insert index position in lecture presentation for synchronization between browser and server. Index position represents starting time of individual lecture unit in lecture contents.

$$P = ( T, M ), 0 \leq T \leq T_{lec} \tag{4}$$

where T is starting point of logical lecture unit in lecture contents, T<sub>lec</sub> is a total performance time, and M is title for logical lecture unit which may be used for teacher to change the lecture process according to the students’ status in lecture.

Then lecture content LEC’ may be defined as follows.

$$LEC' = LEC \cup PS \tag{5}$$

$$PS = \{P_i \mid P_i = ( T_i, M_i ), 1 \leq i \leq N, \} \tag{6}$$

where N is number of indices in LEC.

During lecture, P<sub>i</sub> data, pointed with mouse by teacher, is transferred to browser instead of VGA data and on browser same frames as server are generated dynamically with reference to P<sub>i</sub> and displayed.

**3. Realization of blackboard-type real-time distance lecture system**

Server and browser in blackboard-type real-time distance lecture system are composed of stream service system and network management system. Former is to transmit video and audio data and latter is to transmit scribble and mouse data as well as synchronization signal (Figure 2).

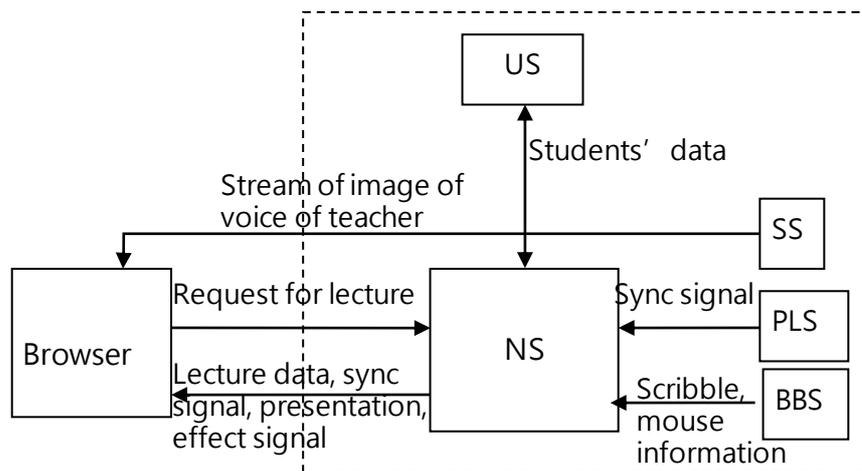


Figure 2. Configuration of server

SS transmits teacher’s image and voice, US performs user authentication and manages students’ machines in lecture.

PLS manages performance of lecture contents and processes effects.

BBS extracts and transmits scribble and mouse data.

NS makes lecture-related data into packets and transmits to browser. And also sends QA data and synchronization signal

Configuration of browser (Figure 3).

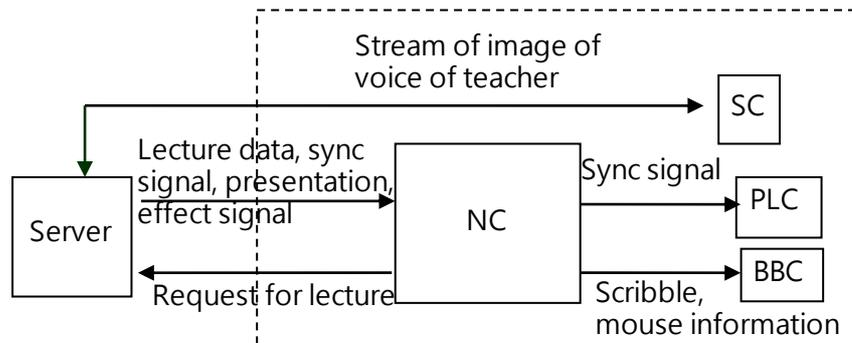


Figure 3. Configuration of browser

NC performs connection with, request to and reception from server.

SC receives video and audio of the teacher.

PLC performs lecture contents based on the performance starting signal and index data from server.

BBC shows drawing according to data and effect from server.

#### 4. Experiment and evaluation

The resolution of VGA is set to 1024\*768. Table 2 shows the evaluation of transmission volume during lecture.

Table 2. Transmission volume evaluation

Classification	Video, audio(kbps)	VGA data(kbps)
Captured image transmission	64~384	64~1922
Synchronization signal transmission	64~384	0.3~0.8

As can be seen from table 2, transmission volume of video and audio are equal, but VGA image data size is much smaller. In conventional system, data transmission volume depends on the resolution of VGA image, but in the proposed system it doesn't change.

#### Findings

In this paper a blackboard-type remote lecture system with generation of same screen on server and browser using pre-transmission of lecture content files and synchronization signal transmission is realized. This system enables the real-time and

non-real-time remote lecture on the network with small transmission bandwidth of 1Mbps and supports high screen resolution on the browser as same as on the server. Screen resolution does not change the network transmission volume.

Blackboard type real-time remote lecture system is widely used to the students who are distributed and isolated in the period of special epidemic prevention through which its effectiveness is verified

This system may be used to support real-time remote lecture on various electronic browsers with small network bandwidth such as smart phone or tablet PC as well as in e-classroom environment.

## References

1. Scott Firestone, Thiya Ramalingam and Steve Fry, 2007. "Voice and Video Conferencing Fundamentals", Cisco Press. P. 327-359.
2. Masami Iwatsuki, 2007. "Automatic Digital Content Generation System for Real-Time Distance Lectures," Journal of Distance Education Technologies, 5(1). P. 7-18.
3. Wei Li and Ping Li, 2009. "Design and Realization of Distance Teaching Platform Based on Virtual Classroom and Multi-Agent", Proceedings of 2009 4th International Conference on Computer Science & Education. P. 1777-1780.
4. Nitin Swamy, Ognjen Kuljaca and Frank L. Lewis, 2002. "Internet-Based Educational Control Systems Lab Using NetMeeting," IEEE TRANSACTIONS ON EDUCATION, 45(2). P. 145-151.
5. Vladimir Uskov, 2004. "Streaming media and advanced web-based education," Proceedings of IASTED International Conference WEB-BASED EDUCATION. P. 16-18.
6. Mohamed Aymen Labiod et al, 2019. "Enhanced adaptive cross-layer scheme for low latency HEVC streaming over Vehicular Ad-hoc Networks (VANETs)", Vehicular Communications, 15. P. 1-13.