

Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования

**«ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)**



# **ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ: АНАЛИЗ ОПЫТА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Сборник статей Международного научно-практического IT-форума

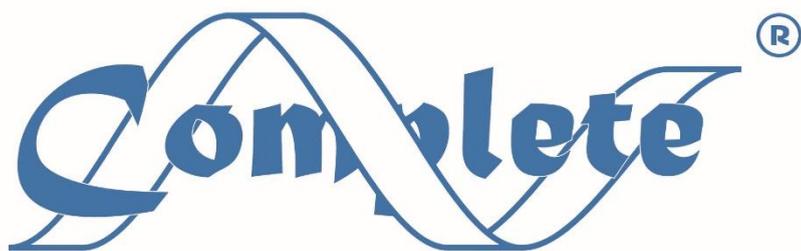
Текстовое (символьное) электронное издание

© ФГБОУ ВО ПГУПС

ISBN 978-5-7641-2063-8

**Санкт-Петербург  
23-24 ноября 2023 года**

## ГЕНЕРАЛЬНЫЕ ПАРТНЕРЫ



**Компания КОМПЛИТ**

Компания «Комплит»



**ГРАВИТОН**

Компания «Гравитон»

## СПЕЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР

**RICON**

ООО «РИКО Рус»

## ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПАРТНЕР



ООО «Лаборатории Инвенто»

Федеральное агентство железнодорожного транспорта  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ ИМПЕРАТОРА АЛЕКСАНДРА I»  
(ФГБОУ ВО ПГУПС)

---

# ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ: АНАЛИЗ ОПЫТА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Сборник статей  
Международного научно-практического IT-форума

*Санкт-Петербург, 23–24 ноября 2023 года*

© ФГБОУ ВО ПГУПС, 2024

ISBN 978-5-7641-2063-8

Санкт-Петербург  
2024

УДК 378:656  
ББК 39.1+74.58  
Ц70

Рецензенты:

профессор кафедры информационно-вычислительных систем и сетей  
ВКА им. А. Ф. Можайского, доктор технических наук, профессор  
*А. Г. Басыров;*

профессор кафедры автоматизации производственных процессов  
в металлургии ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»,  
доктор технических наук, доцент  
*Т. В. Пискажова;*

доцент кафедры гуманитарных и социально-экономических дисциплин  
СЗФ ФГБОУ ВО «Российский государственный университет правосудия»,  
кандидат технических наук, доцент  
*Е. В. Радыгин*

*Редакционная коллегия:*

доктор технических наук, профессор *С. Г. Ермаков;*  
доктор экономических наук, доцент *Л. М. Божко;*  
кандидат технических наук *Д. И. Баталов*

**Цифровая трансформация образования и транспортной отрасли: анализ опыта и перспективы развития** : [электронный сборник статей Международного научно-практического ИТ-форума], Санкт-Петербург, 23–24 ноября 2023 года / под общей редакцией: С. Г. Ермакова, Л. М. Божко, Д. И. Баталова. – Санкт-Петербург : ФГБОУ ВО ПГУПС, 2024. – 198 с. – 1 CD-ROM. – Системные требования: Intel Pentium 128 Мб и более ; не менее 30 Мб (RAM) ; ОС Windows ; программа для чтения pdf-файлов (Adobe Reader). – Загл. с титул. экрана. – Текст : электронный.

ISBN 978-5-7641-2063-8

В сборнике представлены материалы докладов Международного научно-практического ИТ-форума «Цифровая трансформация образования и транспортной отрасли: анализ опыта и перспективы развития» по результатам исследований, выполненных в рамках долгосрочных, национальных проектов при реализации программы стратегического академического лидерства «Приоритет – 2030».

Издание предназначено для научных сотрудников, преподавателей, обучающихся железнодорожных вузов, может быть полезно широкому кругу специалистов в области транспорта.

УДК 378:656  
ББК 39.1+74.58

## Содержание

КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ ОБ ИТ-ФОРУМЕ.....	8
--------------------------------------	---

### Пленарная секция

Степанов Ю.Н., Пинигин С.Ю. РОБОТИЗАЦИЯ РУТИННЫХ ОПЕРАЦИЙ В ОАО «РЖД».....	10
Щеглов Д.К., Савельев С.К. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ПРОЦЕССАХ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ ...	17

### Секция 1.

#### Влияние цифровой трансформации на образование: перспективы и вызовы

Бордунос А.К., Кошелева С.В., Волкова Н.В., Алтухова С.В. ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВЗАИМНОГО РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РАБОТ СТУДЕНТОВ .....	24
Репина О.А., Ермаков С.Г. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТНИКОВ .....	30
Никифорова Е.Н. ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ НА МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИКИ СФОРМИРОВАННОСТИ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ВЫПУСКНИКОВ ВУЗОВ .....	35
Гарбарук В.В., Родин В. И. ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ.....	41
Васильева М.А., Филипченко К.М. ПРЕПОДАВАНИЕ ДИСЦИПЛИН, СВЯЗАННЫХ С ИНФОРМАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ .....	46
Гриншпон И.Э., Гриншпон Я.С. ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СВОЙСТВ ФУНКЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ПРИЛОЖЕНИЯ DESMOS .....	52
Кораблёва К.М. ПРИМЕНЕНИЕ МЕДИАТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ФОНЕТИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ .....	59
Ходаковский В.А., Шварц М.А., Шварц Ф.М. ПРИЛОЖЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ ....	64

## Секция 2.

### Цифровые технологии в транспортной отрасли: опыт и перспективы

Володченко С.В., Володченко Д.Г.

ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДЫ ОБЩИХ ДАННЫХ  
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СВОДНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ  
В ПАРАДИГМЕ OPENVIM В VIM-ПЛАТФОРМЕ S-INFO .....71

Луценко М.М.

МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЦЕНТРА С АГЕНТАМИ,  
ПРИВОДЯЩИЕ К КООПЕРАЦИИ .....77

Афонин П.Н., Косач Г.А., Косач С.А.

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ СИСТЕМЫ:  
ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ РОЛЬ В ОБУЧЕНИИ  
ДЛЯ ТОЧНОЙ ДИАГНОСТИКИ.....87

Большаков М.А.

МОДЕЛЬНЫЙ СИНТЕЗ СИСТЕМ ПРОАКТИВНОГО  
МОНИТОРИНГА СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ .....93

Васильева М.А., Ипатов М.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ БЕЗОПАСНОЙ РАЗРАБОТКИ  
К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РЕАЛИЗАЦИИ  
ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ .....101

Куляпин Д.В.

ЦИФРОВАЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ СТАНЦИЯ .....110

Львова И.Н.

РЕАЛИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РЖД  
В СИСТЕМАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ.....118

Худайберганов С. К., Сарвирова Н. С., Сабуров М. Б.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ  
КОНТЕЙНЕРНЫХ БЛОК-ПОЕЗДОВ УЗБЕКИСТАНА  
ПРИ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ПЕРЕВОЗКЕ .....127

Макеев В.В.

РАБОТА МОДУЛЯ POLICYKIT С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ  
МЕЖПРОЦЕССНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ D-BUS .....131

### Секция 3.

#### Интеллектуальные технологии на транспорте, информационная безопасность и квантовые вычисления

Володченко Д.Г., Агаджанян А.Н., Алексеев Р.Д., Титов Г.И., Цабадзе С.Р. ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: РОЛЬ РОССИЙСКОГО ПО .....	138
Сайбель А.Г., Перов Д.А. ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИТЕРАТИВНОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ .....	143
Добрина М.В. КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ.....	149
Букарев А.М., Щеглов Д.К. ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПАРКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ .....	155
Шестоперов С.А., Гончаров Е.К., Миронов Г.И. АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКТИВНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ БЕЗОПАСНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ ..	161
Косач Г.А., Тишков А.В. БИОМЕДИЦИНА В ЦИФРОВОЙ ЭПОХЕ: ИТ-ОБРАЗОВАНИЕ И ИННОВАЦИИ.....	167
Гавчук Д.В. УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И ИННОВАЦИИ В ИНДУСТРИИ ГОСТЕПРИИМСТВА: ПРЕИМУЩЕСТВА И ВЫЗОВЫ .....	174
Домнина О.Л., Горохова И.А. АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ.....	182
Куликов Р.С., Баталов Д.И. МОДЕЛИ И МЕТОДЫ СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ВОПРОСНО-ОТВЕТНЫХ СИСТЕМАХ.....	186
Панокин Н.В., Костин И.А., Карловский А.В. РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ АВТОМОБИЛЬНОГО РАДАРА МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА БАЗЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ MFNN.....	191

## КРАТКАЯ ИНФОРМАЦИЯ ОБ ИТ-ФОРУМЕ

Международный научно-практический ИТ-форум «Цифровая трансформация образования и транспортной отрасли: анализ опыта и перспективы развития» проведён впервые в стенах нашего университета.

ИТ-форум, собравший заинтересованных представителей нашего города, России и стран СНГ, предлагал обмен опытом по реализации осознанной стратегии цифровизации, учитывающей особенности и специфику деятельности образовательных и транспортных организаций, и способствовал повышению эффективности бизнес-процессов.

Крайне важно понимать, что все те перемены, вся та цифровая трансформация, которая происходит в нашей стране и в нашем университете предполагает заинтересованное участие каждого в этих переменах, — отметила и.о. ректора, Тамила Семеновна Титова, открывая Форум. — Мы должны быстро, качественно, определить перспективы и возможности, которые есть у нас и наших индустриальных партнеров, в том числе у Октябрьской железной дороги, и в ближайшее время внедрить цифровые технологии в образовательный процесс.

В форуме приняли участие: Семион Кирилл Викторович, начальник департамента информатизации ОАО «РЖД», Кадыров Кадыр Биалалович, начальник ИВЦ ОАО «РЖД» в Санкт-Петербурге, Большаков Дмитрий Александрович, заместитель главного инженера ОЖД, Горбатов Андрей Викторович, заместитель начальника службы корпоративной информатизации, и представители подразделений и филиалов ОАО «РЖД» (Департамента квантовых коммуникаций, Главного вычислительного центра, ВНИИЖТа), специалисты ГУП «Петербургский метрополитен», руководители транспортных компаний, сферы информационных технологий, представители образовательных организаций России и стран СНГ, а также студенты, магистранты, аспиранты, научные работники, представители общественности и СМИ.

В ходе работы форума были обсуждены актуальные вопросы влияния цифровой трансформации на образование и транспортную отрасль, интеллектуальные и квантовые технологии, информационная безопасность.

На ИТ-форуме были подписаны соглашения о сотрудничестве между ПГУПСом и нашими партнерами: компаниями «Комплит», разрабатывающей комплексные решения по автоматизации технологических и бизнес-процессов предприятий, «Гравитон», являющейся ведущим разработчиком и производителем отечественной вычислительной техники, а также со специальным партнером ИТ-форума — ООО «РИКО Рус», предлагающей потребителям офисную технику и оборудование.

Во время проведения Форума участникам были продемонстрированы новинки отечественного оборудования и программного обеспечения, которое можно использовать как в сфере образования, так и в транспортной отрасли.

**Международный  
научно-практический IT-форум  
«ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ  
И ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ: АНАЛИЗ ОПЫТА  
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»**

---

**Пленарная  
секция**

**Степанов Ю.Н.<sup>1</sup>, Пинигин С.Ю.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Главный вычислительный центр ОАО «РЖД»*

### **РОБОТИЗАЦИЯ РУТИННЫХ ОПЕРАЦИЙ В ОАО «РЖД»**

**Аннотация.** Статья посвящена проекту роботизации рутинных операций в ОАО «РЖД». В работе описываются основные задачи проекта, такие как повышение операционной эффективности, качества обслуживания и отдачи от инвестиций, а также цифровая трансформация. Рассматривается процесс цифровизации рабочих мест и операций с использованием технологии RPA, что привело к увеличению скорости выполнения операций и экономии трудозатрат. Описывается портал мониторинга работы программных роботов и развитие технологии RPA, включая внедрение новой платформы и применение искусственного интеллекта. Представлены планы по агрессивной роботизации, методология проекта, взаимодействие с функциональными заказчиками, эксплуатация, упрощение документооборота, развитие компетенций и другие аспекты проекта.

**Ключевые слова:** роботизация, ОАО «РЖД», цифровизация, RPA, искусственный интеллект, мониторинг, технологические мероприятия, компетенции, информационная безопасность

**Stepanov Yu.N.<sup>1</sup>, Pinigin S.Yu.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *The Main Computing Center of JSC Russian Railways*

### **ROBOTIZATION OF ROUTINE OPERATIONS AT RUSSIAN RAILWAYS**

**Abstract.** The article describes the project of robotization of routine operations in JSC «Russian Railways». The main objectives are to improve operational efficiency, quality of service and return on investment, as well as digital transformation. The process of digitalization of workplaces and operations using RPA technology is shown, resulting in an increase in the speed of operations and labor savings. The portal for monitoring the work of software robots and the development of RPA technology, including the introduction of a new platform and the use of artificial intelligence, is described. The plans for aggressive robotics, methodology, interaction with functional customers, operation, simplification of document flow, development of competencies and other aspects of the project are presented.

**Keywords:** robotization, Russian Railways, digitalization, RPA, artificial intelligence

**Введение.** Роботизация рутинных операций становится все более актуальной и востребованной темой в современном мире. В рамках данной статьи рассматривается опыт ОАО «РЖД» в области внедрения программных роботов для автоматизации повторяющихся и однотипных операций. Авторами является проектная ГВЦ ОАО «РЖД» под кураторством заместителя директора ГВЦ ОАО «РЖД» Смолярова Д.А., совместно со службами СМК ГВЦ ОАО «РЖД» (зам. руководителя - Лелеков В.А., менеджер по информационным технологиям - Пинигин С.Ю.) и ПИК ГВЦ

ОАО «РЖД» (начальник отдела - Степанов Ю.Н.). Между участниками проектной группы четко распределен функционал. Так, Степанов Ю.Н. отвечает за роботизацию процессов ГВЦ, Пинигин С.Ю. занимается технической частью проекта. Целью проекта роботизации является повышение операционной эффективности, качества обслуживания и отдачи от инвестиций, а также цифровая трансформация ОАО «РЖД» [1].

**Цель и задачи проекта роботизации.** Главный вычислительный центр обеспечивает эксплуатацию ИТ-инфраструктуры и поддержку пользователей ОАО «РЖД».

В РЖД работает 500 информационных систем, 240 тыс. пользователей имеют автоматизированные рабочие места. От пользователей поступает 7 млн обращений в год, среди которых более 70% запросов – повторяющиеся и однотипные.

Основные задачи проекта роботизации:

- повышение операционной эффективности;
- повышение качества обслуживания;
- повышение отдачи от инвестиций;
- цифровая трансформация (реализация программы цифровой трансформации, выполнение ключевых показателей эффективности Минцифры, обеспечение информационной безопасности) [2].

**Цифровизация рабочих мест и операций (RPA).** В процессе реализации программы внедрения программных роботов в ОАО «РЖД» в ГВЦ роботизировано порядка 2000 рутинных операций.

Скорость выполнения рутинных операций была увеличена в 3-5 раз [3].

В настоящее время ведется разработка роботов для функциональных заказчиков (ФЗ) в рамках чего было создано 682 робота для ФЗ (рис. 1).

Согласно данным за первое полугодие 2023 года, суммарная экономия трудозатрат по ФЗ составила почти 121 производственно-штатную единицу [4].



Рис. 1. Цифровизация рабочих мест и операций (RPA)

**Портал мониторинга работы программных роботов.** Для контроля за работой программных роботов был создан портал «Автоматизация процессов Главного вычислительного центра». Этот портал предоставляет возможность отслеживать результаты и осуществлять мониторинг работы роботов. Пользователям доступен просмотр статистики в реальном времени в различных форматах (рис. 2).

**Развитие технологии RPA.**

1. Внедрение платформы Robin 2.x:
  - позволит сократить трудозатраты на обслуживание роботов;
  - улучшит процессы запуска и мониторинга работы роботов.
2. Системы распознавания:
  - расширят спектр задач, подлежащих роботизации.
  - увеличат область применения роботизированных процессов в ОАО «РЖД».
3. Применение искусственного интеллекта для обработки документов [5].

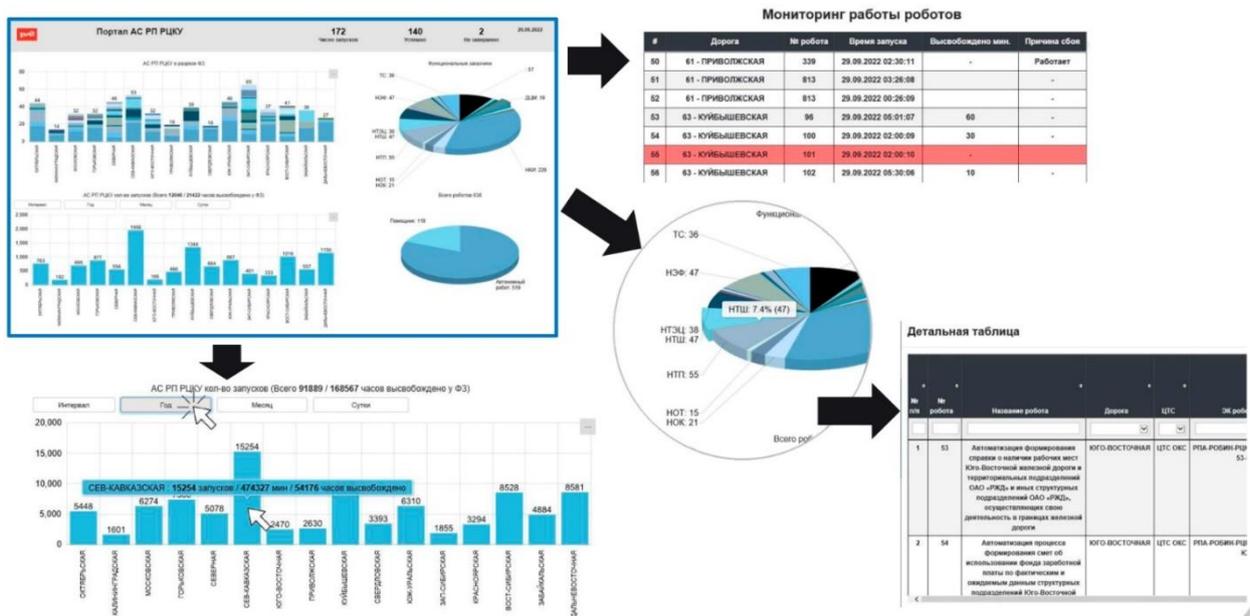


Рис. 2. Портал мониторинга работы программных роботов

**Старт проекта агрессивной роботизации.**

Цель проекта: значительное увеличение количества разрабатываемых роботов (рис. 3) [6].

Прогноз: более 3 000 роботов в 2024 г.; более 5 000 роботов в 2025 г.

**Направления проекта.**

1. Методология. Развитие методики расчета экономических выгод от внедрения RPA с целью их учета в программе технологических мероприятий по сокращению численности персонала в структурных подразделениях ОАО «РЖД».

2. Взаимодействие с функциональными заказчиками (ФЗ). Расширение клиентской базы и привлечение новых заказов.

3. Эксплуатация. Обеспечение безопасности при работе с информационными системами ОАО «РЖД», наличие ресурсов для масштабирования проекта, снижение затрат на разработку и эксплуатацию роботов. Внедрение и развитие новой платформы, создание унифицированных «корзинок».

4. Бренд и концепция. Обеспечение постоянного потока заказов и прозрачности процесса.

5. Развитие компетенций. Непрерывное обучение разработчиков, повышение качества проектирования, разработки и эксплуатации роботов через развитие компетенций [7].

#### Цель проекта:

Кратное увеличение количества разрабатываемых роботов

Прогноз:

3000+ роботов в 2024 г.

5000+ роботов в 2025 г.

#### Ресурсы ГВЦ

200 разработчиков  
15 роботов в год (результат анализа разработки 2020-2023)

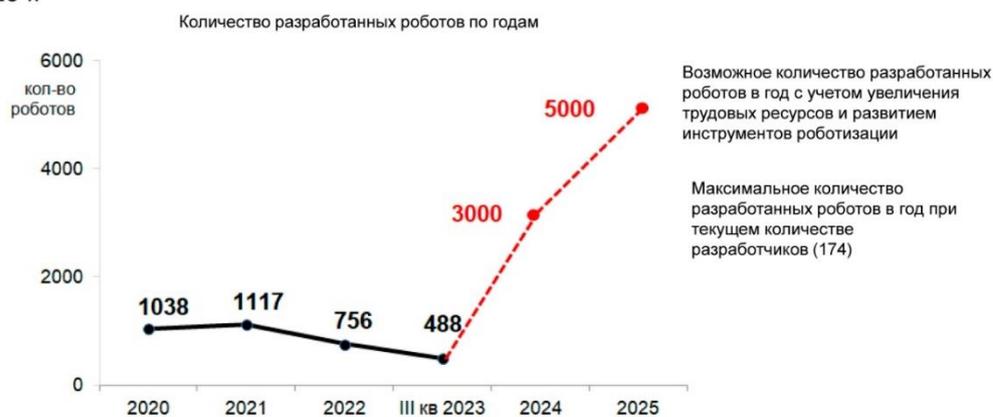


Рис. 3. Старт проекта агрессивной роботизации

**Методология.** В рамках данного направления проекта предусмотрена доработка методики расчета экономических выгод от роботизации рутинных операций с целью их учета в программах технологических мероприятий по сокращению численности персонала в структурных подразделениях ОАО «РЖД». Этот процесс также предполагает согласование с Департаментом по организации, оплате и мотивации труда ОАО «РЖД».

#### Упрощение документооборота.

Все роботы интегрированы в системы роботизации, что позволяет подготавливать пакеты документов в целом для системы (рис. 4).

Сокращено время на подготовку документов и разработку роботов.

#### Взаимодействие с функциональными заказчиками.

**Популяризация.** Цель данного направления заключается в ознакомлении функциональных заказчиков с возможностями технологии RPA, помощи в выявлении потребностей в роботизации и, как следствие, получении заказов на разработку программных роботов.

Для достижения этой цели предусмотрены следующие мероприятия:

– публикации в СМИ не реже 2 раз в квартал;

- участие в выставочных мероприятиях и конкурсах не реже 1 раза в квартал;
- проведение вебинаров и совещаний с функциональными заказчиками не реже 3 раз в квартал;
- обновление презентационных материалов не реже 1 раза в квартал.



Рис. 4. Упрощение документооборота

**Эксплуатация средств защиты информации.** Внедрение средств защиты информации (СЗИ) позволит разрабатывать и использовать роботов, взаимодействующих с различными информационными системами ОАО «РЖД», включая те, которые содержат чувствительную информацию.

Разработано проектное решение по созданию СЗИ. Заявка на закупку оборудования согласована.

Следующие шаги:

- выделение финансирования;
- приобретение оборудования;
- внедрение системы защиты информации;
- миграция системы роботизации в рамки СЗИ.

**Эксплуатация. Унифицированная корзина роботизации.**

Концепция «корзинок и методики оценки эффектов» позволили установить единый процесс (рис. 5):

- создание и внедрение роботов в течение года;
- интеграция в существующие регламенты более высокого уровня;
- соблюдение норм информационной безопасности и документирования.

Цель создания унифицированной «корзинки»:

- представление заявок на разработку небольшого числа программных роботов для функциональных заказчиков без необходимости создания отдельной системы роботизации с полным пакетом документов;

- сокращение затрат на разработку роботов для ОАО «РЖД»;
- упрощение процесса подачи заявок в АСУ ПИ на создание роботов;
- повышение уровня удовлетворенности функциональных заказчиков роботизацией.

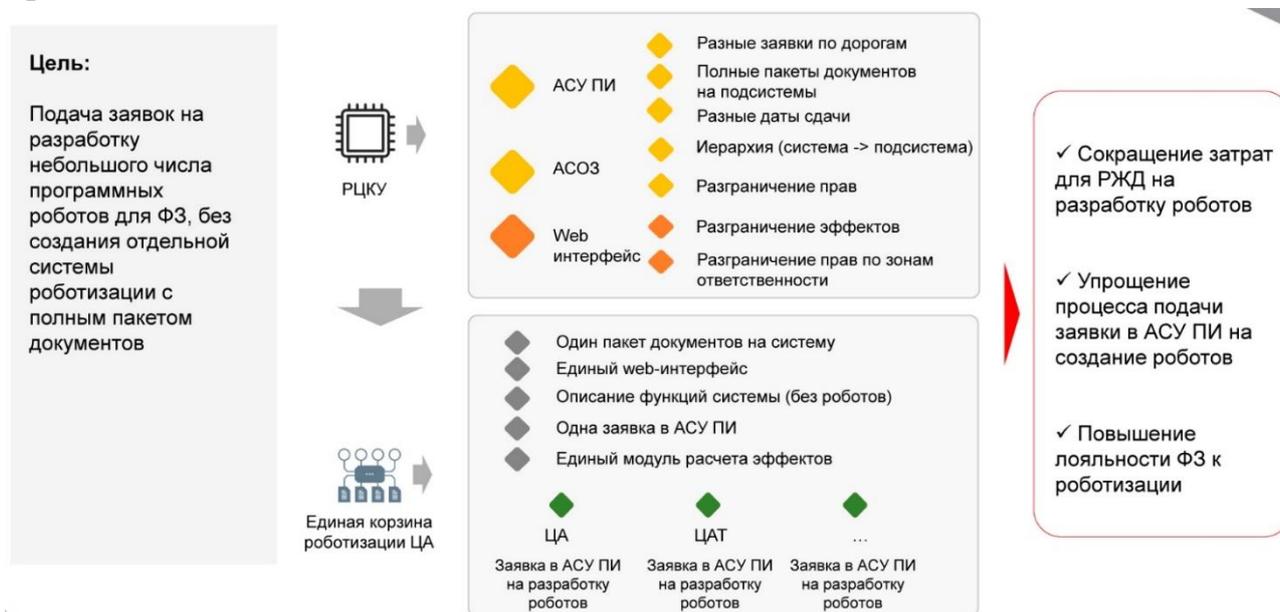


Рис. 5. Унифицированная корзина роботизации

**Развитие компетенций.** Основной целью выделения и развития компетенций в области цифровой трансформации является:

- привлечение новых кадровых ресурсов в область роботизации процессов автоматизации с минимальными затратами на обучение;
- выявление и подготовка кадрового резерва компетентных и высококвалифицированных специалистов по роботизации процессов автоматизации и искусственному интеллекту;
- разработка обучающих, практических и тестовых материалов для приобретения и подтверждения компетенций в области цифровой трансформации.

**Заключение.** В результате проведенного исследования можно сделать вывод о значительном вкладе роботизации рутинных операций в повышение эффективности и качества работы ОАО «РЖД». Реализация программы внедрения программных роботов позволила увеличить скорость выполнения операций в несколько раз, а также сэкономить значительное количество трудовых ресурсов. Дальнейшее развитие технологии RPA, внедрение новых платформ и систем распознавания, а также старт проекта агрессивной роботизации позволят ОАО «РЖД» значительно увеличить количество разрабатываемых роботов в ближайшие годы. Развитие компетенций и упрощение документооборота также будут способствовать успешной реализации проектов по роботизации операций и цифровой трансформации компании.

## Список литературы

1. Смоляров, Д. А. на пути роботизации / Д. А. Смоляров // Автоматика, связь, информатика. – 2020. – № 6. – С. 20-21. – DOI 10.34649/AT.2020.6.6.002. – EDN WSITDL.
2. Суконников, Г. В. О цифровой трансформации ОАО "РЖД" // Экономика железных дорог. 2022. № 8. С. 30-38. EDN: VPKJSP.
3. Каргина, Л. А. Роль технологий RPA в цифровой трансформации ОАО "РЖД" / Л. А. Каргина, Т. В. Ионова, С. Л. Лебедева // Экономика железных дорог. 2022. № 8. С. 62-69. EDN: RMQKFH.
4. Степанов, Ю. Н. Роботизация рутинных операций для повышения операционной эффективности компании // Роботизация бизнес-процессов для цифровой трансформации: Материалы онлайн-конференции Форума All-over-IP (17 августа 2021 г.). URL: <http://www.all-over-ip.ru/2021/rpa> (дата обращения 01.03.2024).
5. Ермаков, С. Г. Использование платформы Robin RPA в процессе цифровой трансформации транспортных компаний / С. Г. Ермаков, Д. И. Баталов, И. С. Мельников // Интеллектуальные технологии на транспорте. 2023. № 1 (33). С. 5-14. DOI: 10.24412/2413-2527-2023-133-5-14 EDN: YVWRCE.
6. Фабрика роботизации // Проект Года. URL: [http://globalcio.ru/projects/19799/?sphrase\\_id=24844](http://globalcio.ru/projects/19799/?sphrase_id=24844) (дата обращения 01.03.2023).
7. Реализация проекта по роботизации рутинных операций для повышения операционной эффективности компании / Ю. Н. Степанов, Н. В. Яковлева, С. Г. Ермаков, Д. И. Баталов // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2023. – № 3(35). – С. 14-21. – DOI 10.24412/2413-2527-2023-335-14-21. – EDN ONOYQE.

УДК 005.572:004

**Щеглов Д.К.<sup>1,2</sup>, Савельев С.К.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Северо-Западный региональный центр Концерна ВКО «Алмаз–Антей» – Обуховский завод»*

<sup>2</sup> *Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ АНАЛИЗА БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ПРОЦЕССАХ УПРАВЛЕНИЯ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИЕЙ ПРЕДПРИЯТИЙ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Аннотация.** Статья посвящена описанию практических примеров применения технологий анализа больших данных для управления персоналом, техническим состоянием средств производства и планированием опытно-конструкторских работ на предприятии высокотехнологичной промышленности.

**Ключевые слова:** большие данные, цифровая трансформация, промышленное предприятие, анализ деятельности

**Shcheglov D.K.<sup>1,2</sup>, Saveliev S.K.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *North-West Regional Center of the Concern VKO «Almaz-Antey» – Obukhov Plant»*

<sup>2</sup> *Baltic State Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov*

## **APPLICATION OF BIG DATA ANALYSIS TECHNOLOGIES IN THE PROCESSES OF DIGITAL TRANSFORMATION OF HIGH-TECH INDUSTRIAL ENTERPRISES**

**Abstract.** The article is dedicated to describing practical examples of applying big data analytics technologies for personnel management, technical condition monitoring of production facilities, and planning research and development projects in a high-tech industrial enterprise.

**Keywords:** big data, digital transformation, industrial enterprise, activity analysis

**Введение.** В современных экономических и геополитических условиях эффективное управление процессами цифровой трансформации определяет динамику инновационного развития российских предприятий высокотехнологичной промышленности [1].

Производственная система промышленного предприятия включает в себя множество контуров управления, где принятие решений основывается как на опыте руководителей, так и на анализе данных корпоративных информационных систем. При этом делается акцент на то, что современные корпоративные информационные системы предоставляют качественно новые возможности в области сбора, хранения и обработки данных.

Обработка информации, полученной из корпоративных информационных систем предприятия, в настоящее время осуществляется с применением передовых технологий анализа больших данных [2].

В зависимости от конкретных задач обработки данных применяются различные подходы, в том числе:

– *описательная аналитика* применяется для описания и систематизации имеющейся информации. При этом анализируется массив так называемых «исторических данных», выявляются закономерности и тренды, что помогает представить полную картину текущего состояния предприятия;

– *прогнозная (или предикатная) аналитика* применяется для предсказания будущих событий или тенденций на основе анализа имеющегося массива данных. Моделирование и использование статистических методов позволяет строить прогнозы на будущее для принятия более обоснованных стратегических решений;

– *предсказательная аналитика* применяется для прогнозирования событий на основе данных с использованием различных алгоритмов машинного обучения. Это помогает предприятию адаптироваться к будущим изменениям в бизнес-среде и эффективно управлять рисками;

– *диагностическая аналитика* применяется для выявления причин существующих проблем (возникновения «узких мест») в работе предприятия. Результаты анализа позволяют принять корректирующие меры и оптимизировать бизнес-процессы предприятия.

Эффективное использование этих подходов к анализу больших данных не только обеспечивает комплексное понимание текущего состояния предприятия, но также помогает предсказывать и управлять его развитием в будущем. Рассмотрим примеры применения описанных подходов к анализу больших данных в нескольких контурах управления промышленным предприятием, а именно: персоналом, техническим состоянием средств производства и планированием опытно-конструкторских работ.

**Контур управления персоналом.** Технологии анализа больших данных, применяемые в оценке кадрового потенциала высокотехнологичных предприятий, охватывают широкий круг производственных задач.

Они позволяют получить более полное представление о профессиональном опыте и квалификации каждого работника, что в свою очередь позволяет оптимизировать соотношение между опытными и молодыми специалистами, а также разрабатывать оптимальные программы обучения и развития персонала.

Анализ данных по рабочей активности выступает важным инструментом для оценки производительности работников, выявления успешных методов работы и оптимизации производственных процессов. В случае инженерно-технических (творческих) работников, эти технологии помогают находить оптимальные режимы труда, способствуя повышению их творческого потенциала и результативности.

Анализ данных о достижениях сотрудников открывает новые возможности для создания более справедливых и адаптивных систем вознаграждения. Эти системы, в свою очередь, стимулируют сотрудников к достижению высоких результатов и повышают уровень их мотивации. Особую важность представляет использование больших данных для оценки уровня удовлетворенности сотрудников своей работой, что направлено на снижение текучести кадров.

Кроме того, большие данные находят свое применение в прогнозировании будущих потребностей в персонале по различным категориям и в процессах подбора персонала, соответствующего требованиям работодателя.

На рисунке 1 представлен пример результатов применения методов описательной и диагностической аналитики в области оценки кадрового потенциала проектной организации. Представлено распределение численности и среднего возраста по категориям инженерно-технических работников для четырех отдельных проектно-конструкторских коллективов.

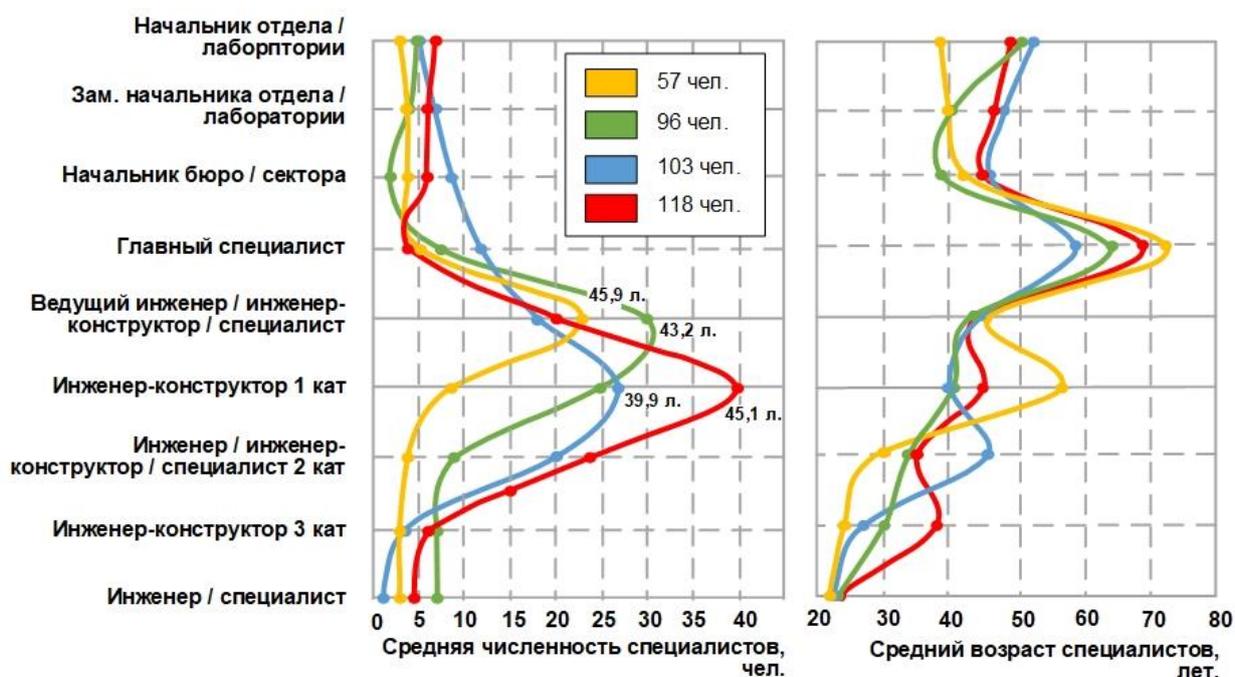


Рис. 1. Численность и средний возраст проектно-конструкторских коллективов по категориям инженерно-технических работников

Анализ рисунка 1 показывает, что доля работников, непосредственно занятых выполнением проектно-конструкторских работ, составляет от 79,61% до 88,54%, а средний возраст – от 39,43 до 42,67 лет. В составе рассматриваемых коллективов преобладают две группы работников: инженеры-конструкторы 1 категории и ведущие инженеры/инженеры-конструкторы/специалисты. Вероятно, это объясняется отсутствием эффективных механизмов «горизонтального роста» специалистов. Также наблюдается недостаточный приток молодых работников из вузов на

должность инженера. Данные тенденции свидетельствуют о наметившихся негативных тенденциях в области развития кадрового потенциала.

Важно отметить, что наличие значительного числа возрастных работников подчеркивает актуальность «омоложения» коллектива и разработки стратегии передачи накопленных знаний и опыта молодым специалистам. Представляется, что именно это направление должно стать ключевым для обеспечения стабильного долгосрочного развития приведенных в качестве примера проектных коллективов.

**Контур управления техническим состоянием средств производства.** Технологии анализа больших данных играют ведущую роль в эффективном управлении техническим состоянием средств производства, обеспечивая оперативное реагирование и предотвращение сбоев в работе оборудования.

Анализ больших данных предоставляет возможность непрерывного мониторинга технического состояния и оптимизации процессов технического обслуживания и ремонта оборудования. Это включает в себя прогнозирование срока службы и рациональное управление складскими запасами комплектующих и сменного инструмента. Технологии анализа данных также широко применяются в диагностике неисправностей и выявлении причин отказов оборудования.

Анализ данных производственных систем позволяет более эффективно распределять ресурсы и планировать производственные процессы. Это достигается за счет прогнозирования пиковых нагрузок, минимизации времени простоя оборудования, оптимизации выполнения производственных операций, повышения энергоэффективности.

На рисунке 2 представлен пример результатов применения методов описательной и предикатной аналитики в области управления техническим состоянием средств производства. Представлен результат оценки надежности персональных компьютеров, применяемых в деятельности предприятия высокотехнологичной промышленности, а также расчет потребного годового запаса комплектующих. Статистическая выборка составляла более 5,5 тыс. единиц техники.

Анализ рисунка 2 показывает, что поставщики персональных компьютеров, предоставляя гарантийные обязательства в пределах 1,0-1,5 лет, фактически не несут значительных рисков. Представленные зависимости потребного годового запаса комплектующих от числа используемых предприятием персональных компьютеров, позволяют сформировать научно обоснованный план закупок [3].

**Контур управления планированием опытно-конструкторских работ.** Технологии анализа больших данных применяются в управлении планированием опытно-конструкторских работ с целью повышения эффективности процессов и принятия обоснованных управленческих решений.



Рис. 2. Вероятность безотказной работы элементов ПК и годовая потребность в комплектующих

1 – процессор; 2 - материнская плата; 3 - кулер (системы охлаждения); 4 – видеокарта; 5 - блок питания; 6 - оперативная память; 7 - жесткий диск; 8 - системный блок персонального компьютера в сборе

Анализ данных позволяет точно прогнозировать время выполнения проектов, автоматизировать процесс планирования с учетом различных переменных и ограничений, оптимизировать распределение ресурсов и повышать точность бюджетирования. Наличие детальных данных по выполненным проектам предоставляет возможность моделировать сценарии выполнения новых опытно-конструкторских работ и разрабатывать стратегии управления рисками.

На рисунке 3 представлен пример применения методов описательной аналитики и предикатной аналитики для оценивания финансово-экономических показателей перспективных проектно-конструкторских работ. Представлена информация о начале, длительности и объеме технической документации по проектно-конструкторским разработкам, выполненным проектной организацией.

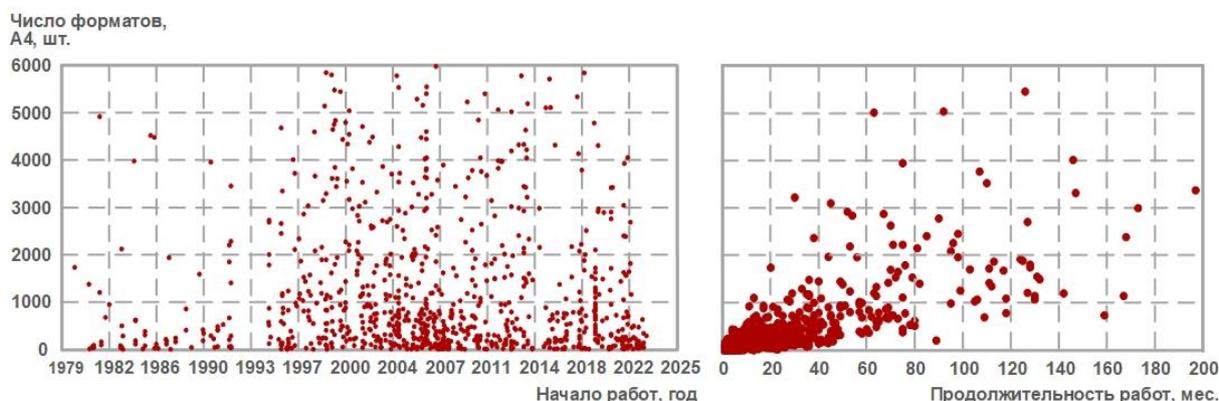


Рис. 3. Объем выпущенной проектно-конструкторской документации по новым проектам в зависимости от начала разработки и ее длительности

Анализ рисунка 3 показывает, что наличие информации о выполненных проектах позволяет не только определить ориентировочную длительность выполнения перспективных проектно-конструкторских работ, объем технической документации по изделию и другие ключевые прогнозные показатели [4], но и оценить результативность работы проектной организации в историческом контексте. В частности, на рисунке отчетливо видно отсутствие новых опытно-конструкторских работ в период распада Советского Союза.

**Заключение.** Использование технологий обработки больших данных позволяет провести глубокий анализ производственной деятельности предприятий высокотехнологичной промышленности. Приведенные примеры не только наглядно демонстрируют, как эффективно использовать данные, но и служат основой для прогнозирования динамики развития предприятий. Таким образом, анализ больших данных позволяет разработать эффективную стратегию трансформации производственной деятельности предприятий в условиях быстро меняющейся внешней среды.

#### **Список литературы**

1. Ерошин С.Е., Щеглов Д.К. Методика разработки концепции цифровой трансформации организации оборонно-промышленного комплекса // *Инновации и инвестиции*. – 2022. № 1. – С. 214-223.
2. Laszlo Monostori. Cyber-physical Production Systems: Roots, Expectations and R&D Challenges, *Procedia CIRP*, Volume 17, 2014, Pages 9-13, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.03.115>.
3. Щеглов Д.К., Тимофеев В.И., Музалева Е.О. Оценка потребности в комплектующих изделиях для персональных компьютеров при формировании годового плана закупок промышленного предприятия // *Русский инженер*. – 2020. № 3(68). – С. 26-39.
4. Щеглов Д.К., Сайбель А.Г. Формализованный подход к прогнозированию сроков и стоимости разработки военно-технических систем // *Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России*. – 2022. № 3(155). – С. 33-44.

**Международный  
научно-практический IT-форум  
«ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ  
И ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ: АНАЛИЗ ОПЫТА  
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»**

---

**Секция 1.  
Влияние цифровой  
трансформации  
на образование:  
перспективы и вызовы**

УДК:378

**Бордунос А.К.<sup>1</sup>, Кошелева С.В.<sup>1</sup>, Волкова Н.В.<sup>2</sup>, Алтухова С.В.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Высшая школа менеджмента Санкт-Петербургского государственного университета

<sup>2</sup> Высшая школа экономики

<sup>3</sup> Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации

## **ЦИФРОВЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВЗАИМНОГО РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ РАБОТ СТУДЕНТОВ**

**Аннотация.** В статье представлен опыт использования цифрового инструмента Feedback Fruits для организации взаимного рецензирования студентов. Рассмотрены два случая применения выбранного инструмента: в рамках проекта «Устойчивое развитие бизнеса» и учебной дисциплины для студентов бакалавриата социально-экономического направления обучения. В первом случае рецензирование проходило на индивидуальном уровне, во втором - командном. Результаты оправдали возложенные ожидания и могут быть рекомендованы для масштабирования в других учебных заведениях.

**Ключевые слова:** ФГОС, саморецензирование, взаимное рецензирование, цифровые инструменты, feedback fruits

**Bordunos A.K.<sup>1</sup>, Kosheleva S.V.<sup>1</sup>, Volkova N.V.<sup>2</sup>, Altukhova S.V.<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> The Graduate School of Management, St. Petersburg University

<sup>2</sup> Higher School of Economics

<sup>3</sup> The Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration

## **DIGITAL TOOLS FOR PEER-TO-PEER REVIEW BY STUDENTS**

**Abstract.** This report presents the experience of using the digital tool Feedback Fruits to organize peer review by students. Two cases of application of the selected tool are considered: within the framework of the project “Sustainable Business Development” and an academic discipline for undergraduate students in the socio-economic studies. In the first case, the review took place at the individual level, in the second - at the team level. The results met the expectations and can be recommended for scaling in other educational institutions.

**Keywords:** Federal State Educational Standard, peer review, peer-to-peer review, self-review, digital tools, feedback fruits

**Взаимное рецензирование.** Взаимное рецензирование – способ обмена обратной связью между учащимися о выполненном ими задании. Он позволяет лучше закрепить пройденный материал, познакомиться с альтернативными точками зрения о пройденном материале, улучшить навыки обратной связи, рефлексии, письменных коммуникаций, критического мышления, анализа информации [1]. При этом все студенты выступают в двух ролях – и авторов, и рецензентов, а преподаватель, в случае необходимости, может уточнить создаваемые студентами рецензии.

При наличии цифровых инструментов есть возможность настроить анонимное взаимное рецензирование, как на индивидуальном, так и на групповом уровне без необходимости одномоментного физического присутствия студентов в одной локации, использовать асинхронный формат. Можно также использовать процесс взаимного рецензирования как элемент оценивания, так как, в данном случае, будет сохраняться цифровой след, по которому можно отследить личный вклад каждого участника. При этом оценивать можно не только результат, но и процесс выполнения задания.

Ценность данного доклада связана с возросшим требованием к проактивности студентов, их самоорганизации, предпочтительности самонаправленного обучения, закрепленных современными положениями Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС), а также возможностями и вызовами в связи с интересом к асинхронным форматам обучения или онлайн семинарам.

**Описание поставленной задачи.** В данном докладе описаны два примера использования метода взаимного рецензирования.

*Первый пример.* Первый пример описывает процесс и результаты применения метода взаимного рецензирования при проведении проекта «Устойчивое развитие бизнеса». Проект был размещен на онлайн платформе университета и открыт для онлайн участия студентов различных учебных программ бакалавриата и магистратуры из четырех городов России в течение четырех месяцев. Партнером проекта выступало самоиницированное сообщество SelfMama.

Цель данного прикладного проекта - наполнение портала с библиотекой исследований SelfMama о современных практиках работодателя по поддержке благополучия сотрудников с обязательствами по уходу за детьми. Студенты могли выбрать наиболее интересные направления деятельности в проекте и обучиться:

1) написанию статей для широкого круга читателей, в основе которых лежал бы глубокий теоретический анализ академических источников или эмпирические исследования самих студентов, в том числе и с использованием данных от партнера, полученных в результате опросов их аудитории;

2) верстке страницы со статьей в Tilda, подготовке визуальной поддержки для публикаций в блоге – иллюстраций, таблиц, иконок, цитат, подборе цветовой палитры, шрифтов, продумыванию дизайна и способов компоновки;

3) участию в PR активностях, связанных с проведением ежегодного международного Форума партнера;

4) современным практикам устойчивого развития в компаниях, за счет участия в регулярных вебинарах от волонтеров партнера проекта.

Студенты могли регулировать уровень своего вовлечения, исходя из требуемого количества кредитов: от 3 до 5, участвуя в отдельных шагах проекта, или во всех.

Изначально проект предполагал 25 мест, однако тема вызвала большой интерес, и на проект было зачислено свыше 80 человек. Помимо возросшего объема нагрузки преподавателей проекта, трудности вызывали различия в расписании студентов разных курсов, учебных программ и кампусов. Некоторые студенты на период проекта находились на программе мобильности, которая заканчивалась ранее даты окончания проекта, что означало их необходимость покинуть страну и получить оценки раньше предполагаемого срока.

Для выхода из сложившейся ситуации было принято решение применить *метод взаимного рецензирования и саморецензирования*. Был составлен график обучающих и ознакомительных вебинаров от партнеров и подготовлена матрица задач. Каждый студент мог отметить необходимый ему объем работ. В конце каждой задачи он предоставлял отчет для взаимного рецензирования другими студентами, кто также работал в выбранный период реализации проекта. После получения рецензий автор проводил саморецензирование – делился рефлексией о пользе полученных замечаний, исправлял работу и отправлял ее уже партнеру проекта на финальную экспертную проверку.

Ниже описан пример траектории при условии прохождения студентом всех этапов:

1. Участие в ознакомительном вебинаре. Задание: выбор траектории вовлечения в проекте.

2а. Участие в вебинаре о написании статей для широкого круга лиц. Задание: выбрать тему для теоретического анализа, собрать материал, записать видеопрезентацию, в которой рассказать идею. Получить на презентацию три рецензии от других участников проекта. Саморецензирование.

2б. Альтернативное задание: участие в вебинаре по проведению эмпирического анализа предоставляемых партнером данных. Задание: выбрать наиболее интересный для автора набор данных, подобрать подходящие методы анализа, записать видеопрезентацию, в которой рассказать идею. Получить на презентацию три рецензии от других участников проекта. Саморецензирование.

2. Участие в вебинаре партнера о ключевых событиях, тенденциях и планах по изучаемой теме в России. Задание – рефлексия о пользе вебинара.

3. Написание финальной статьи в формате Word. Получить второй круг рецензий от участников проекта. Саморецензирование.

4. Участие в вебинаре партнера о специфике верстки статей в Tilda. Работа в командах со студентами, кто не участвовал в предыдущих этапах. Задание: подобрать или создать иллюстрации для статьи, сверстать свою

версию страницы для библиотеки партнера. Загрузить ссылку для взаимного рецензирования. Получить на работу три рецензии. Саморецензирование.

Далее финальные версии сверстанных статей направлялись экспертам партнера проекта. Каждый студент получил от эксперта подробную безоценочную обратную связь о требуемых доработках, смог улучшить работу и загрузить ее для финального оценивания. Из всего списка финальных работ партнер отобрал лучшие для загрузки в библиотеку с сохранением авторства, а также подготовил благодарственные письма за участие в данном социальном проекте для каждого участника.

Таким образом, процесс взаимного рецензирования состоял из трех шагов: 1) подготовить и загрузить материал; 2) написать три рецензии другим авторам; 3) ознакомиться с рецензиями и провести саморецензирование своей работы. И за время проекта данный метод использовался три раза, чтоб 1) доработать идею (видео в Teams); 2) доработать повествование (текст в Word); 3) доработать внешний вид статьи (Tilda).

*Второй пример.* Во втором примере метод взаимного рецензирования использовался во время потоковой лекции для студентов бакалавриата (500+ человек). Все участники были поделены на команды по 4-6 человек. Им нужно было ознакомиться с кейсом, командой подготовить решение к заданию, описать его по заданному шаблону и предоставить работу на взаимное рецензирование. Загрузка работы производилась от команды, а рецензирование проходило на индивидуальном уровне. Предварительно все участники были ознакомлены с методом, правилами обратной связи и детальной рубрикой для оценки работ. Саморецензирование не предполагалось, но преподаватель дополнительно оценивал качество предоставленных студентами рецензий – насколько они соответствовали изученным правилам предоставления обратной связи [2].

**Цифровые инструменты: Feedback Fruits.** Для поставленных задач было принято решение использовать корзину цифровых инструментов Feedback Fruits, которые совмещаются с любой цифровой платформой для обучения (learning management system; LMS). В нашем случае оба примера опирались на возможности Microsoft Teams. Feedback Fruits возможно установить из магазина приложений MS Teams бесплатно таким образом, чтоб в разделе курса появилась дополнительная вкладка, позволяющая проводить взаимное рецензирование, не выходя из команды.

Особенность выбранного инструмента в том, что он создавался специально для академической среды, учитывая потребности преподавателей и студентов. В нем уже учтены передовые разработки в области выбранной методологии. По умолчанию соответствующая вкладка уже предлагает базовую настройку на таком уровне, который существенно превосходил наши ожидания. Так, в данном цифровом инструменте уже была настроена формула оценивания, которая учитывала не столько результат, сколько процесс выполнения задания:

1. Загрузить задание – 10% оценки.
2. Оценить задание другого студента – 10% за баллы и 10% за комментарии. Рецензирование трех работ приносило студенту до 60% от оценки.
3. Прочитать все полученные комментарии и оценки – 10% от баллов.
4. Провести саморецензирование работы – 10% от баллов.
5. Оставшиеся 10% оценки состояли из предложенных баллов в процессе рецензирования работы другими студентами (средний балл из трех оценок). Данная оценка могла быть скорректирована преподавателем. Также были составлены все инструкции и рубрики для оценивания – нам оставалось их только перевести на русский язык.

Другие студенты не видели, чьи работы они оценивают - имена и иконки студентов заменялись на названия и изображения фруктов. При этом у преподавателя была информация о том, кто кого оценивал, сколько времени уделил каждому шагу, какие получились средние оценки по каждому критерию, чтоб можно было уделить на следующем вебинаре внимание тем критериям, которые получили меньшее количество баллов в среднем. Преподаватель мог скачать обобщенный отчет отдельным файлом или ознакомиться с ним онлайн. Также у преподавателя была возможность одним движением скачать все подгруженные студентами работы, даже если они подгружали только ссылку на работу – приложение скачивало файл по ссылке и упаковывало в архив.

Дополнительное преимущество платформы заключалось в том, что не требовалось создавать дополнительные логины и пароли – студенты пользовались корпоративными аккаунтами. У партнера проекта в первом примере не было аккаунтов учебного заведения, но платформа позволяла добавить их через сайт или MS Teams, чтоб предоставить им доступ к работам студентов.

В случае командной работы преподавателю во втором примере требовалось заранее составить список команд так, чтоб при загрузке работы одним из ее участников, она была засчитана сразу всем студентам команды, а при автоматическом распределении работ среди участников, студенту не попала работа его группы.

Таким образом, использование данного инструмента существенно облегчило обращение к методу взаимного рецензирования, так как приложение автоматически выполнило большинство рутинной работы преподавателя по настройке, распределению работ, проставлению оценок и выгрузке всех ответов.

Среди ограничений можно выделить следующие:

- 1) Язык платформы. Данный цифровой инструмент распознает кириллические шрифты, и студенты видят инструкции на русском языке, но преподаватель видит интерфейс на английском языке.

3) Синхронизация с другими платформами. В MS Teams мы сами могли все настроить, в то время как для интеграции с другими платформами может понадобиться помощь ИТ-отдела и технической помощи разработчиков данного продукта. Если организовать использование данного сервиса на сайте производителя, студентам понадобится самостоятельно пройти предварительную регистрацию, что занимает много времени. Модерация происходит не автоматически, студент может получить отказ в регистрации.

4) Цифровой след. Так как у программы прозрачная система контроля вовлеченности каждого участника процесса, студенты не смогут оправдать отсутствие приложенных усилий техническими трудностями, хотя пытаются, поэтому срок загрузки работы лучше ставить на дневное время, чтоб вовремя ответить на вопросы студента в случае выявленных затруднений.

По окончанию проекта и дисциплины всем студентам были заданы вопросы об опыте взаимодействия с цифровой платформой. Никто не указал на трудность в ее освоении, даже наоборот, многие отметили платформу как причину интереса к заданию – было любопытно попробовать что-то новое. В случае с проектной деятельностью отметили особую ценность задания в связи с тем, что в проекте участвовали студенты разных направлений и обучающих программ, поэтому могли предоставить более разностороннюю обратную связь, исходя из специфики изученных ими методов.

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда № 24-28-00209, <http://rscf.ru/project/24-28-00209>.*

#### **Список литературы**

1. Харченко В. С. Взаимное рецензирование в учебных курсах вуза //Высшее образование в России. – 2017. – №. 2. – С. 86-92.
2. Superchi C. et al. Tools used to assess the quality of peer review reports: a methodological systematic review //BMC medical research methodology. – 2019. – Т. 19. – С. 1-14.

**Репина О.А.<sup>1</sup>, Ермаков С.Г.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I*

## **АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ КЛЮЧЕВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТНИКОВ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены требования к системе мониторинга, этапы разработки и внедрения КРІ, учитывая организационную структуру на примере Калужского филиала ПГУПС.

Грамотно разработанные ключевые показатели эффективности (Key Performance Indicators, КРІ) смогут позволить преобразовать и создать индивидуальную модель мониторинга, на основании которой руководитель учебного заведения сможет безошибочно определить уровень соответствия деятельности работника профессиональным требованиям.

**Ключевые слова:** ключевые показатели эффективности, возможности АСМ, режимы функционирования АСМ, оценка качества, модель визуализации данных, задачи модели КРІ, наблюдение, критерии

**Repina O.A.<sup>1</sup>, Ermakov S.G.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

## **THE ARCHITECTURE OF THE SYSTEM OF KEY PERFORMANCE INDICATORS OF EMPLOYEES**

**Abstract.** The article considers the requirements for the monitoring system, the stages of development and implementation of KPIs, taking into account the organizational structure on the example of the Kaluga branch of the State Unitary Enterprise.

Competently developed key performance indicators (Key Performance Indicators) KPIs will be able to transform and create an individual monitoring model, on the basis of which the head of the educational institution will be able to accurately determine the level of compliance of the employee's activities with professional requirements

**Keywords:** key performance indicators, AFM capabilities, AFM functioning modes, quality assessment, data visualization model, KPI model tasks, observation, criteria.

**Организационная структура.** На примере организационной структуры Калужского филиала ПГУПС (рис. 1) необходимо разработать и внедрить такую систему КРІ, при которой работники будут ресурсом, импульсом развития учебного заведения, а не балластом.

Разработанная автоматизированная система мониторинга и оценивания эффективности деятельности преподавателей будет выполнять следующие условия:

– система не будет сложной, пользователи должны понимать, как она работает;

– в системе не будет большого количества показателей эффективности, чтобы не путаться в них, так как это займет много времени на их анализ;

– показатели эффективности не должны отличаться друг от друга большим весом, так как работники будут концентрировать свое внимание именно на такие показатели, оставив без внимания остальные, не менее важные;

– показатели не должны быть размытыми;

– показатели должны относиться к образовательной деятельности организации;

– система должна быть прозрачной.

Композиция перечисленных условий позволит достичь поставленных целей и обеспечить конкурентоспособностью учебное заведение, так как КРІ играет важную роль в построении эффективной и объективной системы мотивации для работников, что положительно скажется на качестве предоставляемых образовательных услуг.

Пользователями системы на управленческом уровне будут: директор, заместитель директора по учебной работе, заместитель директора по АХР, отдел воспитательной работы, финансовый отдел, отдел кадров.

К уровню исполнения относятся работники образовательной организации, которые реализуют поставленные задачи в сфере услуг образования, контролируют полноту и достоверность введенной о себе информации, анализируют результаты своей работы, выстраивают и реализуют индивидуальную траекторию дальнейшего личного развития, а также осуществляют контроль за начислением вознаграждений и штрафов [1].

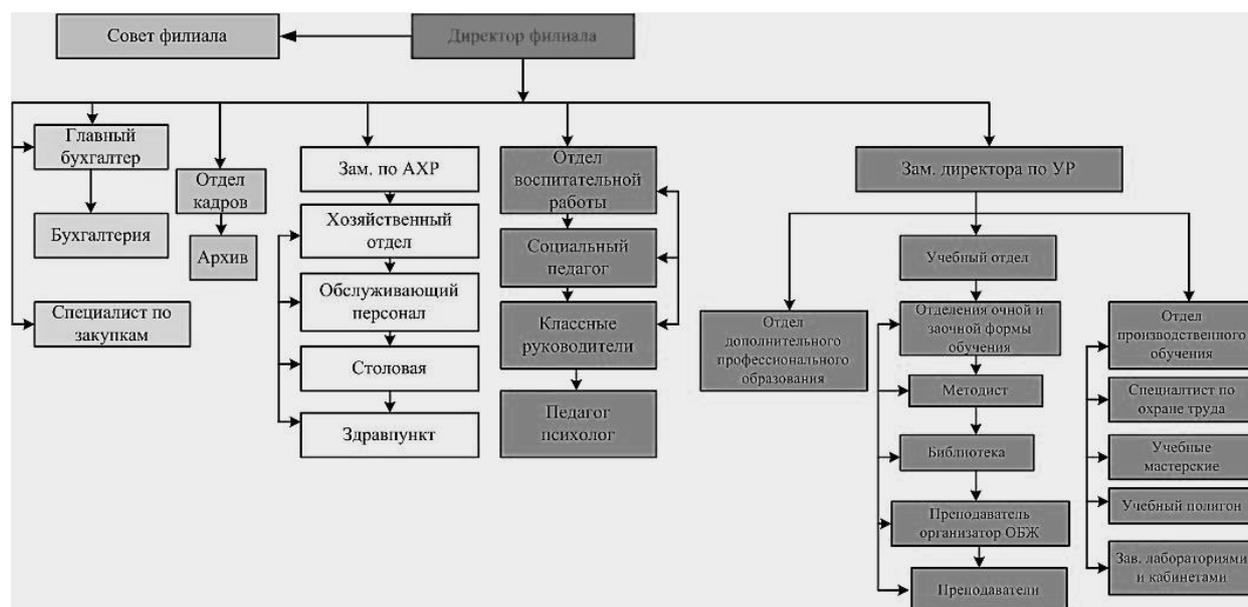


Рис. 1. Организационная структура Калужского филиала ПГУПС

**Этапы разработки и внедрения КРІ.** Чтобы создать систему КРІ, которая поможет наглядно представлять и отслеживать результаты работы, необходимо спланировать каждый ее шаг. Каждый коэффициент показателя эффективности обязан соответствовать конкретной задаче и точно при необходимости детально отражать весь процесс для достижения цели [2]. Этапы разработки КРІ представлены на рисунке 2.

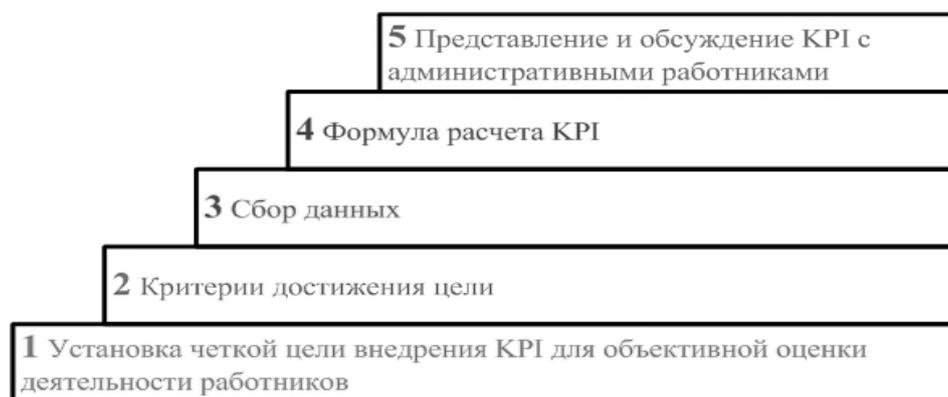


Рис. 2. Этапы разработки КРІ

Установка четкой цели подразумевает заинтересованность работников добросовестно трудиться, повышая свою профессиональную квалификацию, что будет сказываться на рейтинге учебного заведения, делая его привлекательнее для потребителей образовательных услуг и рынка труда.

Критерии достижения цели подразумевают изменения в привычных процессах обучения, для реализации задуманного потребуется время. Важно для достижения цели, чтобы она была практичной [3].

Сбор данных осуществляется автоматически, вся информация должна быть сконцентрирована в одном месте.

Формула расчета КРІ:

$$\text{Индекс КРІ} = \text{вес КРІ} \times \frac{\text{факт}}{\text{цель}},$$

где вес КРІ – количественное значение  $n$ -го показателя деятельности  $i$ -го работника; факт – реальное значение  $n$ -го КРІ; цель – запланированный показатель  $n$ -го КРІ.

Целью является запланированный показатель трудовой деятельности работника, а факт – это реальный результат. На основании КРІ будет ясно, достиг ли поставленных целей работник.

Внедряемая система скажется на работе всех работников, поэтому внедрять ее необходимо постепенно и аккуратно. Все работники будут работать эффективнее, если увидят в этом смысл и выгоду для себя. Предлагая варианты показателей КРІ, можно создать между работниками здоровую конкуренцию. Факторы успешной работы должны быть адекватными и достижимыми. КРІ (Key Performance Indicators – ключевые

показатели эффективности) – показатели, которые помогают задать цели и оценить фактическое достижение нужных метрик.

Для реализации задуманного необходимо провести тестовое внедрение АСМ в работу. Необходимо создать группу из нескольких работников и выявить слабые места и ошибки функционирования системы.

Правильно разработанная система КРІ поможет отслеживать успехи. У руководителя будет возможность получать информацию об эффективности работы сотрудников в масштабе реального времени, что положительно повлияет на принятие обоснованных решений. Чтобы оценить трудовую деятельность сотрудников филиала, необходимо создать метрику, по которой будет вычисляться КРІ.

Аспекты и показатели эффективности деятельности работников и порядок их применения разрабатывается Калужским филиалом ПГУПС в соответствии с трудовым кодексом Российской Федерации и Положением об оплате труда работников техникума и определяет основания и порядок установления стимулирующих выплат. Вес – коэффициент важности, принимает по всем ключевым показателям значение от 0 до 1. Метрики – это показатели, которые отображают фактические данные за выбранный период. Метрика для оценки деятельности преподавателей техникума, по которой вычисляются КРІ, представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Метрика для оценки деятельности преподавателей техникума для вычисления КРІ

Ключевые показатели КРІ	Вес КРІ	Цель	Факт	Индекс КРІ
Преподавательская деятельность	0,166	70 %	80 %	0,189
Учебно-методическая работа	0,164	30 %	25 %	0,137
Научно-исследовательская деятельность	0,177	20 %	20 %	0,177
Публикации	0,172	30 %	30 %	0,172
Классное руководство	0,151	75 %	85 %	0,171
Воспитательная работа	0,085	35 %	50 %	0,121
Внеклассные мероприятия	0,085	15 %	25 %	0,142
	1	Коэффициент результативности		1,109
				110,9 %

Чтобы рассчитать заработную плату преподавателю необходимо взять его зарплату 40 780 рублей, 28 345 из которых – фиксированная часть, а 12 435 рублей – переменная. Полный оклад выплачивается преподавателю за индекс, равный 1 (или 100 %).

Таким образом, показатель 110,9 % говорит о перевыполнении запланированного, следовательно, преподавателю полагается выдать заработную плату с дополнительным бонусом.

Дополнительный бонус можно рассчитать:  $12\,435 \times 0,109 = 1\,355,42$  рубля.

Результат:  $28\,345 + 12\,435 + 1\,355,42 = 42\,135,42$  рубля.

Если КРІ будет составлять меньше 99 %, сумму премиальных выплат снижают.

По аналогии производится расчет КРІ заместителя директора, отдела кадров, социального педагога, бухгалтерии.

С помощью КРІ видны только количественные показатели, по ним невозможно увидеть качество выполнения. Но видны сложности, с чем не справляется преподаватель, возможно, что это обусловлено тем, что прилагалось недостаточно усилий для выполнения поставленных задач. Возможно, сам план на текущий период был составлен не корректно и возникает необходимость пересмотра требований к показателям эффективности.

Расчет может изменяться с учетом запланированных результатов и дополняться новыми значениями.

Для определения качественных показателей необходимо производить адекватный анализ на основе подтвержденных фактов. Для этого необходимо создать личные кабинеты каждому работнику, где будет возможность прикреплять подтверждающие документы.

Личный кабинет предоставляет следующие возможности:

1. Просмотр и редактирование персональных данных, а также добавление/редактирование персональных документов.
2. Просмотр результатов текущего контроля и промежуточной аттестации по всем дисциплинам.
3. Формирования портфолио.
4. Сохранения курсовых работ (проектов), оценок на эти работы, рецензий на них, отчетов по результатам прохождения практик.
5. Просмотр учебных планов и календарных учебных графиков.
6. Просмотр рабочих программ дисциплин.

Оценивая работу в целом, можно утверждать, что результаты разработки модели систем ключевых показателей эффективности работников для Калужского филиала ПГУПС могут в дальнейшем найти свое широкое применение в других образовательных организациях.

### Список литературы

1. Положение о критериях и показателях эффективности деятельности работников Калужского филиала ПГУПС 30.08.2023 г.
2. Разрабатываем систему КРІ на основе функционального подхода «Справочник экономиста» № 8 2020 г. Д. А. Каражакова, канд. экон. наук, доцент, соучредитель и генеральный директор ООО «ВинБи-Консалт», бизнес-коуч
3. Трофименко О.Н., Ляховец М.В., Огнев С.П. Опыт внедрения системы мониторинга эффективности деятельности преподавателей среднего профессионального образования // Инновационная научная современная академическая исследовательская траектория (ИНСАЙТ). 2021. № 5 (8). С. 61-74. <https://doi.org/10/17853/2686-8970-2021-5-61-74/>.

**Никифорова Е.Н.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Санкт-Петербургский государственный экономический университет*

**ВЛИЯНИЕ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ  
НА МОДЕЛЬ ДИАГНОСТИКИ СФОРМИРОВАННОСТИ  
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ВЫПУСКНИКОВ ВУЗОВ**

**Аннотация.** В статье проанализирована существующая модель диагностики сформированности профессиональных компетенций при подготовке кадров по направлению юриспруденция. Отмечается влияние цифровизации на всех уровнях организации процесса образования, что предполагает изменение его целей и задач, пересмотр методики обучения, внедрение междисциплинарного подхода к формированию содержания программ дисциплин, развитие цифровых учебно-методических материалов, оценочных средств. Делается вывод об отсутствии единой теоретической концепции разработки оценочных средств для диагностики сформированности профессиональных компетенций обучающегося.

**Ключевые слова:** цифровая трансформация, профессиональные компетенции, диагностика, модель, оценка сформированности, единообразные подходы

**Nikiforova E.N.**

<sup>1</sup> *Saint Petersburg State Economic University*

**IMPACT OF DIGITAL TRANSFORMATION OF EDUCATION  
ON MODEL OF DIAGNOSTICS OF FORMATION  
PROFESSIONAL COMPETENCIES OF UNIVERSITY GRADUATES**

**Abstract.** The article analyzes the existing diagnostic model formation of professional competencies in training personnel in direction of jurisprudence. The impact of digitalization at all levels is noted in the organization of the educational process, which involves changing its goals and objectives, revision of teaching methods, introduction of an interdisciplinary approach to the formation of discipline programs, development of digital educational materials, and assessment tools. It is concluded that there is no single theoretical concept development of assessment tools for diagnosing the formation of professional student competencies.

**Keywords:** digital transformation, professional competencies, diagnostics, model, assessment of maturity, uniform approaches

Переориентация образования на подготовку кадров для цифровой экономики требует от вузов выработки принципиально нового подхода к организации образовательной деятельности. Реализация этого подхода предполагает изменения на всех уровнях организации процесса образования, включая уточнение целей и задач, пересмотр методики обучения, внедрение междисциплинарного подхода к формированию содержания программ дисциплин [1], модернизацию технического оснащения, повышение

компьютерной грамотности преподавателей, развитие цифровых учебно-методических материалов.

С решением проблем кадрового обеспечения высококвалифицированными юристами в различных сферах сможет справиться только качественное образование на всех его уровнях и во всех типах учебных заведений, соответствующее современным требованиям личности, общества и государства. Повышение качества и доступности образования ускорят структурную перестройку российской экономики, что отмечается в Стратегии национальной безопасности Российской Федерации 2021 года [2].

Качество образования находится в области внимания наших ученых [3]. Понятие «качество» в сфере образования определяют как комплексную категорию, которая включает все виды деятельности вуза, в том числе учебные программы, здания, оборудование и т. п. И это отдельная тема для обсуждения. Сегодня речь о другом.

Следует отметить, что есть и еще один важный компонент, характеризующий качество процесса образовательной деятельности - это степень сформированности компетенций обучающегося. Проблем здесь, на наш взгляд, видится несколько. Прежде всего, это сам перечень профессиональных компетенций. В соответствии с п. 3.4 федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 40.03.01 Юриспруденция [4]. установлено, что профессиональные компетенции определяются Организацией самостоятельно на основе профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников (при наличии).

При определении профессиональных компетенций на основе профессиональных стандартов Организация осуществляет выбор профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников, из реестра профессиональных стандартов (перечня видов профессиональной деятельности), размещенного на специализированном сайте Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации «Профессиональные стандарты» (<http://profstandart.rosmintrud.ru>) [5].

На сегодняшний день в сфере юриспруденции разработаны следующие профессиональные стандарты, которые размещены на сайте Минтруда России:

1) специалист в сфере предупреждения коррупционных правонарушений (Торгово-промышленная палата Российской Федерации, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 08.08.2022 № 472н) [6];

2) специалист по операциям с недвижимостью (Торгово-промышленная палата Российской Федерации, приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10.09.2019 № 611н);

3) специалист по конкурентному праву (Торгово-промышленная палата Российской Федерации, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 16.09.2021 № 637н);

4) следователь-криминалист (Следственный комитет Российской Федерации, утвержден приказом Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 23.03.2015 № 183н).

Из каждого выбранного профессионального стандарта образовательная Организация выделяет одну или несколько обобщенных трудовых функций (далее - ОТФ), соответствующих профессиональной деятельности выпускников, на основе установленных профессиональным стандартом для ОТФ уровня квалификации [7] и требований раздела «Требования к образованию и обучению». ОТФ может быть выделена полностью или частично.

При отсутствии профессиональных стандартов, соответствующих профессиональной деятельности выпускников, профессиональные компетенции определяются образовательной Организацией на основе анализа требований к профессиональным компетенциям, предъявляемых к выпускникам на рынке труда, обобщения отечественного и зарубежного опыта, проведения консультаций с ведущими работодателями, объединениями работодателей отрасли, в которой востребованы выпускники, иных источников.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что единого Реестра профессиональных компетенций в сфере юриспруденции пока нет.

Следующей важной проблемой является диагностика сформированности компетенций обучающегося. Проблема оценки сформированности компетенций у выпускников вузов является постоянно обсуждаемой и не имеет пока единообразного решения. Имеется множество научных публикаций, посвященных оценке компетенций обучающихся, но, к сожалению, приходится констатировать, что в настоящее время отсутствуют устоявшиеся общепризнанные методики оценки уровня сформированности компетенций обучающихся. По мнению некоторых авторов одной из причин такого состояния является отсутствие единого взгляда на сущность компетентностного подхода [8].

Анализ литературы показывает, что оценивание уровня сформированности профессиональных компетенций является весьма важной задачей и одновременно наиболее сложной. Задача правильного оценивания компетенций только сейчас начинает осознаваться преподавателями вузов [9].

Методика, процедура оценивания, сами оценочные средства – по всем этим вопросам нужна стандартизация и единый подход, в том числе и

терминологический. Усиление государственного контроля, создание Единого Государственного Центра разработки оценочных средств, как тестовых заданий, так и практических задач (кейсов), позволит повысить качество подготовки юридических кадров вообще.

Особое внимание следует уделить итоговой государственной аттестации, в ходе которой предполагается оценивать сформированность компетенций и готовность к осуществлению юридической деятельности. Сегодня Методика создания оценочных средств для итоговой государственной аттестации выпускников вузов осуществляется в соответствии с Письмом Минобразования Российской Федерации от 16.05.2002 № 14-55-353ин/15 [10]. На наш взгляд, Государственный итоговый экзамен должен остаться единственной формой оценивания подготовленности к будущей профессиональной деятельности, он может состоять из нескольких этапов и быть междисциплинарным. Государственный экзамен может проходить в форме решения практического казуса, подготовленного в Едином Государственном Центре разработки тестовых заданий, и практических кейсов для проверки сформированности профессиональных компетенций. Кроме того, практическая юридическая ситуация может быть смоделирована на цифровой платформе и представлена в виде деловой компьютерной игры. Критерии и индикаторы оценивания сформированности профессиональных компетенций будущих юристов, сама методология оценки должны быть комплексными, единообразными и разработанными в указанном выше Едином Государственном Центре.

От написания и защиты ВКР, по всей видимости, придется отказаться. Написание научной работы целесообразно, на наш взгляд, только для аспирантуры. Цифровизация показала, что машина может писать тексты, которые одобрил и не распознал Антиплагиат [11]. В свое время предлагалось проводить оценку уровня сформированности компетенций в основном по результатам защиты курсовых работ и государственной аттестации [8].

В Послании Федеральному собранию 21 февраля 2023 г. Президент РФ Владимир Путин предложил отказаться от Болонской системы образования и вернуться к традиционному обучению в вузах. «Очень важный вопрос - о нашей высшей школе. Здесь назрели существенные изменения в условиях новых требований, необходим синтез всего лучшего, что было в советской системе образования и опыта последних десятилетий. В этой связи предлагается следующее: вернуться к традиционной для нашей страны базовой подготовке специалистов с высшим образованием» [12].

С нового учебного года началось тестирование новой национальной модели высшего образования. Соответствующий указ подписал президент. Документ опубликован на официальном интернет-портале правовой информации.

В этот переходный период потребуется консолидация усилий работодателей, профсоюзных организаций и органов государственной власти по вопросам развития системы профессиональных квалификаций в юриспруденции. Само время – время цифровой трансформации образования – ставит перед нами задачу подготовки единой теоретической концепции разработки оценочных средств для диагностики сформированности профессиональных компетенций обучающихся, унифицированных оценочных средств, выработки единообразных подходов к формированию фонда оценочных средств, дидактических единиц, понятийного аппарата, тестов, иных измерительных материалов в Едином Государственном Центре с использованием современных информационных технологий.

Вышеизложенное позволяет сделать вывод, что цифровая трансформация образования не только предполагает, но и позволяет разработать такую модель оценки сформированности компетенций, которая будет соответствовать современным требованиям и интересам государства в сфере подготовки квалифицированных кадров.

#### **Список литературы**

1. Никифорова Е.Н., Федорова Н.Ю. Актуализация программ по гуманитарным и социальным дисциплинам в условиях цифровизации вузов. Евразийский юридический журнал. 2022. № 3 (166). С. 454-456.
2. Указ Президента РФ от 02.07.2021 №400 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации» // Собрание законодательства РФ, 05.07.2021, № 27 (часть II), ст. 5351
3. Никифорова, Е. Н. Некоторые аспекты повышения качества высшего образования в сфере подготовки государственных и муниципальных служащих / Е. Н. Никифорова // Современные тенденции развития системы образования : сборник трудов Международной научно-практической конференции, Чебоксары, 28 марта 2018 года. – Чебоксары : Общество с ограниченной ответственностью «Издательский дом «Среда», 2018. – С. 268–271.
4. Приказ Минобрнауки России от 13.08.2020 N 1011 (ред. от 27.02.2023) "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 40.03.01 Юриспруденция" (Зарегистрировано в Минюсте России 07.09.2020 N 59673) // СПС «КонсультантПлюс».
5. Приказ Минтруда России от 29.09.2014 № 667н (ред. от 09.03.2017) «О реестре профессиональных стандартов (перечне видов профессиональной деятельности)» (Зарегистрировано в Минюсте России 19.11.2014 № 34779) // «Российская газета», № 287, 17.12.2014.
6. Официальный интернет-портал правовой информации <http://pravo.gov.ru>.
7. Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 12 апреля 2013 г. № 148н «Об утверждении уровней квалификации в целях разработки проектов профессиональных стандартов» (зарегистрирован Министерством юстиции

- Российской Федерации 27 мая 2013 г., регистрационный № 28534) // «Российская газета», № 125, 13.06.2013.
8. Литвинов В.А. — К вопросу об оценке сформированности компетенций обучающихся при проведении промежуточных и итоговой аттестации // Современное образование. – 2019. – № 1. – С. 85-91. DOI:10.25136/2409-8736.2019.1.25638 – URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=25638](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=25638)
  9. Кривоногова А. С. Оценка сформированности компетенций в профессионально-педагогическом вузе / А. С. Кривоногова // Техническое регулирование в едином экономическом пространстве: сборник статей V Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, 22 мая 2018 г., Екатеринбург. - Екатеринбург : РГППУ, 2018. - С. 155-165. – URL: [https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/26191/1/tr\\_2018\\_030.pdf](https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/26191/1/tr_2018_030.pdf)
  10. Письмо Минобразования РФ от 16.05.2002 №14-55-353ин/15 «О Методике создания оценочных средств для итоговой государственной аттестации выпускников вузов» //СПС «КонсультантПлюс».
  11. Нейросеть за один вечер написала диплом за российского студента. – См. на WWW.MSK.KP.RU: <https://www.msk.kp.ru/daily/27460/4714947/>
  12. Послание Президента РФ Федеральному собранию от 21 февраля 2023г <http://kremlin.ru/events/president/news/70565>.

**Гарбарук В.В.<sup>1</sup>, Родин В. И.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРЕПОДАВАНИЯ МАТЕМАТИКИ**

**Аннотация.** Статья посвящена анализу педагогических проблем обучения математике в современном вузе. Обсуждается связь компьютерных инструментов с традиционной схемой преподавания в зависимости от сферы будущей профессиональной деятельности студентов. Рассматриваются эффективные средства развития творческих способностей обучающихся. Проанализирован многолетний опыт проведения стартового тестирования студентов первого курса по проверке остаточных знаний программ математики для выпускников школ и техникумов. Дан сравнительный анализ учебных программ школ и учреждений среднего профессионального образования, на основании которого авторами были созданы оригинальные учебные пособия.

**Ключевые слова:** компьютерные технологии, тестирование, анализ учебных программ, учебная литература

**Garbaruk V.V.<sup>1</sup>, Rodin V.I.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

## **PROSPECTS FOR THE DIGITAL TRANSFORMATION OF MATHEMATICS TEACHING**

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of pedagogical problems of teaching mathematics in a modern university. The connection of computer tools with the traditional teaching scheme is discussed, depending on the field of future professional activity of students. The long-term experience of conducting initial testing of first-year students to check the residual knowledge of mathematics programs for graduates of schools and technical schools is analyzed. A comparative analysis of the curricula of schools and institutions of secondary vocational education is given, on the basis of which the authors created original textbooks.

**Keywords:** Computer technologies, means of developing creative abilities, initial testing, analysis of educational programs, educational literature

Современное состояние и развитие информационных технологий неизбежно обуславливает необходимость модернизации преподавания математики в вузах. В первую очередь это относится к внедрению элементов дистанционного обучения [1-3]. Анализ результатов аврального перехода на дистанционное обучение в условиях пандемии [4, 5] позволил, в частности, ускорить процесс адаптации преподавания математики, оценить эффективность некоторых направлений этого процесса, границы их применимости. Преподаватели технических университетов вновь начали

пересматривать вечно актуальные вопросы: чему и как учить будущих инженеров, в том числе в области математического образования [6-8].

Ответ на вопрос «Чему учить?» во многом определяется предполагаемой сферой профессиональной деятельности инженера. В области эксплуатации и производства при «работе в рамках заданных моделей» можно быть высококвалифицированным специалистом, не выходя за рамки достаточных математических знаний. Работа в области конструирования и разработки требует углубленной и разносторонней математической подготовки. Эта область деятельности предполагает решение нестандартных задач. Интеллектуальное развитие в обоих случаях остается приоритетным, различаясь акцентами.

Ответ на вопрос «Как учить?» меняется с развитием информационных технологий. Новые компьютерные инструменты, расширяя технические возможности обучения, не меняют его суть как процесса взаимодействия учителя с учащимся. При этом основой остается традиционная схема преподавания (лекция – практические занятия – самостоятельная работа – экзамен) и основные цели:

- обеспечение набора знаний, достаточных для усвоения студентом материала научно-технических и специальных дисциплин;

- развитие творческих способностей студента, упорядочивание мышления (логика, анализ, системность и т.д.).

Отметим, что школьное обучение также должно соответствовать указанным целям.

Экзаменационные оценки важны, но намного важнее готовность студента решать нестандартные задачи, активность на занятиях, использование дополнительных материалов. Особое значение развития творческих способностей связано еще и с тем, что, не имея навыков инженерного мышления, стать отличным специалистом невозможно. Ведущую роль в достижении этой цели играет лекция. Она должна быть в большей степени насыщена доказательствами формулируемых утверждений и теорем, доступными для восприятия и понимания студентами на текущем этапе подготовки, иллюстрировать прикладное значение раздела, содержать примеры анализа и синтеза, абстрактного и реального и т.д. Непосредственный контакт преподавателя и студента позволяет последнему, следуя за мыслью лектора, формировать и закреплять навыки мышления.

При использовании информационных технологий важно, чтобы компьютер не превращался из помощника (как любое техническое средство) в посредника между преподавателем и студентом, лекция не превращалась в презентацию, контроль знаний – в тотальное тестирование. Позитивным является возможность визуализации понятий (аналитическая геометрия, векторы, производная, определенный интеграл и т.д.) и алгоритмов (численные методы и т.д.). Наличие у студентов современных телефонов дает возможность проводить экспресс-контроль усвоения студентами материала

лекции. В начале лекции можно попросить сформулировать основной (по мнению студента) результат, полученный на предыдущей лекции, что должно стимулировать дополнительное изучение лекции. В процессе чтения лекции вопросом акцентировать внимание на важных деталях, например, «может ли функция распределения вероятности принимать отрицательные значения». Отметим также прогностическую способность тестирования. Наблюдение за студентами, адекватно воспринимавшими учебный материал лекций, показало, что они также успешно проявляли себя в научной работе на специальных кафедрах и в аспирантуре.

Эффективным средством развития творческих способностей является написание студентами рефератов и создание компьютерных презентаций по темам курса математики. Эти работы могут докладываться на проводимой ежегодно студенческой «Неделе Науки». Темы рефератов студенты выбирают самостоятельно, согласовывая их с преподавателями. Перечислим несколько интересных тем, предложенных студентами: «Математический смысл апорий Зенона», «Что доказал Григорий Перельман», «Математика для электронной подписи». Самостоятельный выбор темы – элемент творческой работы, который следует поощрять. Если студент не смог сформулировать достойную тему, он может выбрать ее из кафедрального набора. Для студентов первого курса предлагались темы: «Метод математической индукции», «Кватернионы», «Сравнение методов приближенного нахождения корней функции» и т.п. Студенты второго курса могли сделать доклад по одной из тем: «Универсальность метода неопределенных коэффициентов», «Свойства многомерных пространств факторов при планировании эксперимента», «Математические модели в экономике» и т.п. Написание и презентация рефератов осуществляется как индивидуально, так и небольшим коллективом, что способствует социализации студентов, умению работать в коллективе.

Особого внимания требует вопрос обеспечения студентов учебной литературой, что связано с укоренившейся у большей части студентов первых курсов привычкой отыскания ответов на все вопросы в интернете. Учебные пособия предназначены, в основном, для достижения первой цели математического образования в вузе, являясь по сути технологическим элементом дистанционного обучения. Являясь дополнением лекционного курса, пособие должно содержать примеры и задачи, облегчающие усвоение теоретического материала. Рассматриваемые задачи должны способствовать расширению математического кругозора (методы решения), развитию мышления (алгоритмы решения) студента; иллюстрировать практическое значение изучаемого материала. Использование пособия при дистанционном обучении предполагает возможность у студента самопроверки усвоения теоретических знаний и практических умений [9].

Еще одной проблемой преподавания математики в вузе является недостаточная математическая подготовка абитуриентов, ставших

студентами, по объему, структуре знаний, их применению к решению задач, отличающихся от стандартных. Поэтому для студентов первого курса актуальным является тест проверки остаточных знаний программ математики школ и техникумов. Проанализирован многолетний опыт проведения такого стартового тестирования. В Петербургском государственном университете путей сообщения стартовое тестирование по математике проводится с 2003 года. За прошедшие годы был создан банк заданий, разработаны и оптимизированы структура и содержание тестов экспресс-контроля математических знаний. Наличие современных телефонов дает возможность проводить различные тестирования не только в специализированных аудиториях, но и в учебных классах и даже дома.

Анализ результатов тестирования показал, что требуется выравнивание уровня математических знаний выпускников школ и техникумов, а также студентов, имеющих целевые направления от предприятий. Для студентов, имеющих такое направление, проблема решается проведением дополнительных занятий на первом и втором курсах по договору с ОАО «РЖД».

В последние годы значительно увеличилось количество абитуриентов, окончивших колледжи, техникумы и другие учреждения среднего профессионального образования (СПО) и среднего специального образования (ССО). Внедрение элементов дистанционного обучения в вузе стимулирует рассмотрение материала программ ССО и СПО, рекомендуемых учебников, распределения учебных часов по разделам курса и т.д. На этой основе необходима корректировка вузовских программ курса математики. Сравнительный анализ учебных программ школ и техникумов показал, что обе программы вполне коррелированы с вузовской программой курса математики. Декларируемые разделы программ ССО и СПО – комплексные числа, элементы аналитической геометрии, дифференциальное и интегральное исчисления функций одной переменной, частично идентичны рабочим программам втузов. Программа ССО подробнее и предусматривает доказательство отдельных утверждений и теорем, что в большей степени предполагает формирование и развитие логического мышления учащегося. Программа СПО более утилитарна. В ней подробнее рассматриваются принципы приближенных вычислений; полнее и нагляднее представлены элементы стереометрии, что развивает пространственное воображение.

Курс элементарной математики в учреждениях среднего профессионального и среднего специального образования существенно меньше школьного. Кроме того, изучение математики в них заканчивается за 2-3 года до поступления в университет. Таким студентам целесообразно изменять структуру домашних заданий, уменьшая текущие задачи, изученные в техникуме, и добавляя тесты по школьной математике. Для абитуриентов, окончивших ССО и СПО и не сдающих ЕГЭ, полезно

создавать группы по подготовке к сдаче вступительных испытаний в вуз, что даст им возможность восстановить знания различных разделов элементарной математики. Нужен также учебник, по которому студент мог посмотреть раздел элементарной математики, необходимый для понимания темы лекции. Преподавателями кафедры «Высшая математика» Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I осуществлена попытка создания такого учебника [10].

Полагая, что семестровый контроль освоения материала в форме экзамена (зачета) является основной формой контроля, отметим, что использование критериально-ориентированных тестов для текущего контроля знаний по пройденным разделам (замена контрольных работ) вполне адекватно отражает их уровень. Проведение тестирований обеспечивает ритмичное выполнение студентами учебных планов, что особенно важно для студентов первых курсов обучения.

### Список литературы

1. Малкова Т. В. Баранов А.Ю. Некоторые организационные проблемы дистанционного обучения // Modern science. 2020. № 4. С. 278-280.
2. Солтогулова М. У. Актуальные проблемы обучения в системе дистанционного образования // Известия вузов Кыргызстана. 2016. № 5. С. 69-70.
3. Adnanand M., Anwar K., Online learning amid the COVID-19 pandemic: Students perspectives // Journal of Pedagogical Sociology and Psychology. 2020. № 1. P. 45-51. DOI: 10.33902/IPSP.2020261309
4. Toquero C. M. Challenges and Opportunities for Higher Education amid the COVID-19 Pandemic: The Philippine Context // Pedagogical Research 2020. № 4. P. 162-175. DOI: 10.29333/pr/7947
5. Романов Е.В., Дроздова Т.В. Дистанционное обучение: необходимые и достаточные условия эффективной реализации // Современное образование. 2017. № 1. С. 172-195. DOI: 10.7256/2409-8736.2017.1.22044.  
URL: [https://nbpublish.com/library\\_read\\_article.php?id=22044](https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=22044).
6. Чванова М. С., Киселева И. А. Проблемы дистанционного обучения в сети Интернет // Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки. Тамбов, 2017. Т. 22. Вып. 5. С. 1200-1203. DOI: 10.20310/1810-0198-2017-22-5-1200-1203.
7. Фадеев Е. В. Организационные и психологические проблемы дистанционного обучения // Мир науки, культуры, образования. 2017. № 3 (64). С. 308-310.
8. Благовещенская Е. А., Гарбарук В. В., Попова Н. В., Востокова Р. П., Попова Е. Л. Психолого-педагогические аспекты функционирования электронной информационно-образовательной среды современного университета. Человек в XXI веке // Материалы XI Международной научно-практической конференции (2020). – Обнинск: ФГБУ «ВНИИГМИ-МЦД», 2020. С. 116-119.
9. Гарбарук В.В. Решение задач по математике. Интенсивный курс для студентов технических вузов. Учебное пособие / В.В. Гарбарук, В.И. Родин, М.А. Шварц. – СПб : Лань, 2022 – 442 с.
10. Решение задач по математике. Практикум для студентов средних специальных заведений / В.В. Гарбарук, В.И. Родин, И.М. Соловьева, М.А. Шварц. – СПб : Лань, 2021 – 412 с.

**Васильева М.А.<sup>1</sup>, Филипченко К.М.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Российский университет транспорта*

<sup>2</sup> *ООО «Комонвелс Партнершип»*

## **ПРЕПОДАВАНИЕ ДИСЦИПЛИН, СВЯЗАННЫХ С ИНФОРМАЦИОННЫМИ ТЕХНОЛОГИЯМИ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются актуальные вопросы преподавания дисциплин, связанных с информационными технологиями, в условиях цифровизации высшего образования. Авторы анализируют практику использования систем контроля версий (Git, GitHub) и систем управления базами данных (MS SQL Server) в учебном процессе, а также проблемы, возникающие при переходе на российские аналоги (GitFlic, PostgresPro). Описывается опыт разработки и внедрения методических материалов, ориентированных на работу со студентами в рамках командной проектной деятельности и практических занятий по проектированию баз данных. Даны подходы к поиску оптимальных решений для перехода от импортных программных продуктов к отечественным аналогам, обеспечивая при этом высокое качество и эффективность преподавания в условиях ограничений, связанных с геополитической обстановкой.

**Ключевые слова:** цифровое образование, работа со студентами, система контроля версий, репозиторий, рабочий процесс в команде, Git, GitFlic, система управления базами данных PostgresPro, проектная деятельность

**Vasilyeva M.A.<sup>1</sup>, Filipchenko K.M.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Russian University of Transport*

<sup>2</sup> *Komonvels Partnership LLC*

## **TEACHING DISCIPLINES RELATED TO INFORMATION TECHNOLOGY**

**Abstract.** The article deals with topical issues of teaching IT disciplines in the context of digitalization of higher education. The authors analyze the use of version control systems (Git, GitHub) and database management systems (MS SQL Server) in the educational process and problems of switching to Russian alternatives (GitFlic, PostgresPro). The experience of developing and implementing methodological materials for team project activities and practical training in database design is described. Approaches to the transition from imported software products to domestic ones while ensuring high quality and efficiency of teaching in conditions of geopolitical restrictions are given.

**Keywords:** digital education, work with students, version control system, repository, team workflow, Git, GitFlic, PostgresPro database management system, project activities

**Введение.** В рамках процесса цифровой трансформации высшего образования и в соответствии с Указом Президента Российской Федерации от 09.05.2017 № 203 «О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы» [1] в Российском университете

транспорта (МИИТ) на кафедре «Управление и защита информации» проводятся занятия со студентами с применением цифровых технологий. Начиная с первого семестра, студенты выполняют работы с использованием системы контроля версий, отправляя выполненные части работ на проверку преподавателю через специализированный веб-хостинг посредством механизма запросов на слияние.

Студенты второго курса активно используют систему контроля версий, работая в команде над проектами по дисциплине «Проектная деятельность».

Проведение занятий по дисциплинам, связанным с проектированием и разработкой баз данных, ведется с применением системы управления базами данных (СУБД) PostgresPro. Авторы столкнулись с проблемой, связанной с переходом практических занятий на данную СУБД. Встает задача переноса всех учебных репозиторий на российскую платформу GitFlic [2], а также изменения всех ранее изданных учебных пособий.

**Применение системы контроля версий для организации учебного процесса в вузе.** В Федеральном государственном образовательном стандарте высшего образования (ФГОС ВО 3++) по направлению магистратуры 27.04.04 [3] и дисциплины «Проектная деятельность» по направлению бакалавриата [4] отмечено, что у выпускника должны быть сформированы компетенции, предусматривающие командную работу. Для формирования отмеченных компетенций учебный процесс (проверка и выдача заданий) и коммуникация между членами каждой команды осуществляется через систему контроля версий Git [5-7] и популярный веб-сервис GitHub.

GitHub объявил об обязательности двухфакторной аутентификации с конца 2023 года. Однако подтверждение через SMS для Российской Федерации не поддерживается, также возникают трудности с аутентификацией посредством QR-кода. Предлагаемое специализированное программное обеспечение, реализующее двухфакторную аутентификацию, не содержит аналоги, разрабатываемые российскими компаниями. Следовательно, встает задача использования российских разработок вместо импортных аналогов. GitFlic – это первый российский облачный сервис для разработки и обслуживания исходного кода программ. Авторы в 2022 году издали учебное пособие [8], в котором подробно рассказали о работе с системой контроля версий Git и веб-сервисом GitHub, упомянув про развивающийся на тот момент GitFlic. Вопросы импортозамещения становятся всё более острыми, а GitFlic становится конкурентоспособным проектом, в связи с чем необходимо переработать учебные пособия, сместив акценты на использование российской платформы GitFlic.

**Проблемы преподавания дисциплин, связанных с разработкой баз данных.** В соответствии с Федеральным государственным общеобразовательным стандартом выпускники по специальности 10.05.01 Компьютерная безопасность [9] и выпускники по направлению подготовки

27.03.04 Управление в технических системах [4] должны, в том числе, освоить общепрофессиональные компетенции, связанные со способностью проектировать базы данных. Для освоения вышеуказанных компетенций в учебном плане имеются дисциплины «Информационное обеспечение систем управления» и «Основы построения защищенных баз данных» [10].

В рамках преподавания данных дисциплин студенты изучают, в том числе, язык структурированных запросов SQL (Structured Query Language). Для выполнения лабораторных, практических и курсовых работ требуется наличие системы управления базами данных (СУБД).

На кафедре Управление и защита информации РУТ (МИИТ) преподавание данных дисциплин начиналось в начале 2000-х годов с использования СУБД Paradox for Windows в качестве основной. Был поставлен цикл лабораторных работ, разработаны индивидуальные задания и написаны методические указания. Выбор данной СУБД был обоснован тем, что курс, связанный с преподаванием программирования, также читаемый автором, изучался на языке Delphi. СУБД Paradox являлась на тот момент embedded in Delphi application (встроенной в приложение Delphi) [11].

Затем, после прохождения курсов повышения квалификации, начиная с 2012 года, чтение дисциплины «Информационное обеспечение систем управления» авторами проводилось с использованием СУБД MS SQL Server. Для изучения SQL компания Microsoft предлагает учебную базу данных AdventureWorks, заполненную демонстрационными данными. База данных содержит много таблиц и представлений, таблицы имеют поля различных типов, что является очень удобным при изучении SQL.

Для проведения лабораторных и практических работ студентам были предложены задания, разработанные в компании Microsoft специально для БД AdventureWorks. Лекции читались в следующем формате: на компьютере преподаватель открывал IDE SQL Server Management Studio (SSMS) и, используя демонстрационную БД, объяснял соответствующие темы. Студенты параллельно выполняли запросы, демонстрируемые на экране преподавателем. На лабораторных и практических занятиях студенты самостоятельно и индивидуально выполняли одинаковые задания. Группы студентов были небольшие. Студенты успевали на одной паре выполнить соответствующую лабораторную работу. В это время автором совместно с коллегами были написаны методические указания по работе с SSMS и с перечнем заданий по курсу. К сожалению, данное пособие не было издано по техническим причинам, но раздавалось студентам в электронном виде для работы.

С 2015 года авторам был передан курс «Основы построения защищенных баз данных», в котором, в том числе, большое количество внимания уделяется изучению SQL. Отработанный авторами формат чтения лекций - лектор пишет запрос на своем компьютере, на экране проектора дублируется экран компьютера, студенты сидят за своими компьютерами

и повторяют за преподавателем написание скриптов – не оказался в данном случае результативным. К одному из значимых факторов авторы склонны отнести низкий уровень общей подготовки студентов. На лабораторных работах у студентов стали возникать вопросы – как выполнить то или иное задание (разобранное на лекции подробно). Авторами сначала устно и в личном контакте с конкретным студентом повторялись и прорабатывались моменты, вызвавшие затруднения. Увидев низкую эффективность данного подхода, повторялись проблемы в примерно одних и тех же местах, авторы пришли к решению оформлять написанные скрипты в виде некоторого конспекта, вставляя в задание на разрабатываемый скрипт и изображение ожидаемого результата. В итоге начали формироваться методические указания по выполнению лабораторных работ. Все эти документы предоставлялись студентам в качестве вспомогательных.

2020–2021 учебный год большей своей частью пришелся на дистанционное обучение. Казалось бы, что использование специализированной платформы для дистанционного обучения (Microsoft Teams), которая еще и записывает всю лекцию (т. е. студент получает видеолекцию и примеры, с возможностью пересмотреть лекцию, поставить на паузу, пересмотреть непонятный фрагмент, а затем задать вопрос лектору на следующей паре), приведет к фантастическому результату – все, как минимум, знают SQL, умеют писать простые запросы, проектировать БД по заданной предметной области, находят работу стажером в IT-области, связанной с базами данных. Но дистанционное чтение лекций имело и отрицательные стороны: преподавателю становится труднее контролировать аудиторию, а студентам – удерживать фокус внимания, находясь вне привычного учебного пространства (например, у себя дома). Не обошлось и без явного злоупотребления предоставленными возможностями со стороны студентов – слушатели «присутствовали» на лекции, находясь в кафе, общественном транспорте, управляя личным автомобилем. Всё это негативным образом сказывалось на уровне восприятия информации и последующего усвоения материала. На лабораторных и практических работах в дистанционном формате работа тоже не задалась: студенты отказывались «делиться» экраном, в итоге все работы в различных вариантах были проделаны преподавателем. Как итог, за все время преподавания авторами данной дисциплины именно студенты группы, проходившие обучение в дистанционном формате, сдали экзамен хуже всего: подавляющее большинство оценок – «удовлетворительно». Обычно же, в основном это «отлично» и «хорошо», оценка «удовлетворительно» воспринималась скорее как эксцесс, порождённый нежеланием изучать данную дисциплину. Что же повлекло столь плачевные результаты? Скорее всего, индивидуально сделали работы только некоторые студенты, а остальные просто взяли их работы, так как задания-то были одинаковые, рассчитанные на работу очно при преподавателе. Авторам пришлось пересмотреть лабораторные работы и

подход к их выполнению и сдаче. Появились индивидуальные варианты заданий, а сдача скриптов работ, а затем и отчетов проходит с применением системы контроля версий [6], позволяя при проверке опереться на историзм и демонстрируя поступательность исполнения заданий.

В соавторстве с инициативными студентами были написаны задания для трех лабораторных работ (25 вариантов для каждой работы, каждый вариант содержит по 10 вопросов). В следующем учебном году (2021–2022) эти вопросы были апробированы, переформулированы и протестированы при помощи механизма модульных тестов. Начатые в 2016 году методические указания доработаны, в них вставлены задания. Методические указания по трем лабораторным работам и рекомендации по выполнению курсового проектирования с использованием СУБД SQL Server были готовы к печати, но, по технически причинам, были сданы только в январе 2023 года. Также подготовленный материал авторами переработан в учебник, который издан в 2023 году издательством «Лань» [12].

**Текущие проблемы.** С началом СВО многие иностранные производители программного обеспечения ушли с российского рынка, и никто не гарантирует стабильную работу оставшихся иностранных продуктов [13]. В связи со сложившейся обстановкой принято решение использовать российскую СУБД с открытым исходным кодом PostgresPro.

С точки зрения изучения операторов SQL для преподавателя почти ничего не меняется. Все современные реляционные СУБД придерживаются стандарта языка SQL. Работа с другой средой разработки для СУБД не отличается по функциональным особенностям от уже привычной. Разработчики PostgresPro написали для учебных целей демонстрационную БД, которая бесплатно доступна на официальном сайте. Переработка учебной литературы под другую СУБД также не является большой проблемой: те же по смыслу запросы можно применить к любой другой БД. Проблемой оказалось отсутствие учебной базы данных, содержащей большое количество таблиц (достаточное для проведения практических занятий в группе из 25 человек) [10].

Так как авторы разработали значительное количество вопросов для учебной базы данных AdventureWorks, то было принято решение о перенесении части описания предметной области вышеупомянутой БД, переориентировав её на СУБД PostgresPro [14].

Авторами разработаны скрипты на создание необходимых таблиц. В результате проделанной работы задания, ориентированные на БД AdventureWorks могут быть использованы для БД под управлением СУБД PostgresPro. Для распространения учебной БД был сформирован файл, который можно скачать со страницы авторов (<https://gitflic.ru/project/docent-paley/adventureworkspostgrespro>). В настоящее время ведется работа по изменению всех изданных для СУБД SQL Server учебно-методических пособий с переориентацией их на СУБД PostgresPro.

## Список литературы

1. Указ Президента РФ от 09.05.2017 № 203: О Стратегии развития информационного общества в Российской Федерации на 2017–2030 годы // Президент России. URL: <http://www.kremlin.ru/acts/bank/41919> (дата обращения: 17.12.2023).
2. Первая Российская Платформа для работы с кодом [Электронный ресурс] // GitFlic: [сайт]. [2021]. URL: <https://gitflic.ru/> (дата обращения: 17.12.2023).
3. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. 27.04.04 Управление в технических системах // Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования. 2023. URL: [http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Mag/270404\\_M\\_3\\_22082020.pdf](http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Mag/270404_M_3_22082020.pdf) (дата обращения: 19.11.2023).
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. ФГОС ВО (3++) по направлениям бакалавриата УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ // FGOSVO. 2023. URL: [https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/270304\\_B\\_3\\_31082020.pdf](https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/270304_B_3_31082020.pdf) (дата обращения: 19.11.2023).
5. Чакон С., Страуб Б. Git для профессионального программиста. СПб.: Питер, 2016. 496 с.
6. Васильева М.А. Современные технологии в науке и образовании - СТНО-2021 // Применение системы контроля версий git для организации учебного процесса в вузе. Рязань. 2021. Т. 10. С. 15–18.
7. Васильева М.А. Комплексное взаимодействие лингвистических и выпускающих кафедр в техническом вузе. Международная научно-практическая конференция, посвященная 125-летию РУТ (МИИТ). // Цифровое образование как ответ вызовам сегодняшнего дня. Москва. 2021. С. 98–102.
8. Васильева М.А., Филипченко К.М. Система контроля версия. Основы командной разработки: учебное пособие для ВУЗов. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 144 с.
9. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. ФГОС ВО (3++) по направлениям специалитета ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ // FGOSVO. 2023. URL: [https://fgosvo.ru/uploadfiles//FGOS%20VO%203%2B%2B/Spec/10.05.01\\_C\\_3\\_08112022.pdf](https://fgosvo.ru/uploadfiles//FGOS%20VO%203%2B%2B/Spec/10.05.01_C_3_08112022.pdf) (дата обращения: 19.11.2023).
10. Васильева М.А. Проблемы преподавания дисциплины, связанной с разработкой баз данных. // Сборник научных трудов двадцать первой открытой Всероссийской конференции, май 2023.
11. Васильева М.А. Интеллектуальные транспортные системы: материалы Международной научно-практической конференции // Автоматизированная система энергооптимальных тяговых расчетов. Москва. 2022. С. 108-115.
12. Васильева М.А., Балакина Е.П., Филипченко К.М. Информационное обеспечение систем управления. Проектирование базы данных с заданиями: Учебник для ВУЗов. Санкт-Петербург: Лань, 2023. 210 с.
13. Васильева М.А., Быкова Е.А., Викторов К.А. Информационное обеспечение автоматизированной системы выбора энергооптимальных режимов управления поездом метрополитена. // Цифровые инфокоммуникационные технологии: сборник научных трудов ФГБОУ ВО РГУПС., 2022. С. 35 – 40.
14. Васильева М.А. Цифровая трансформация транспорта: проблемы и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции «Цифровые технологии транспорта и логистики», (28 сентября 2022 г.). // Автоматизированная система выбора энергооптимальных режимов управления. Москва. 2022. С. 218-221.

**Гриншпон И.Э.<sup>1</sup>, Гриншпон Я.С.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники*

<sup>2</sup> *Национальный исследовательский Томский государственный университет*

### **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗУЧЕНИИ СВОЙСТВ ФУНКЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ПРИЛОЖЕНИЯ DESMOS**

**Аннотация.** В статье обосновывается методическая эффективность одновременного теоретического алгебро-аналитического и компьютерного графического изучения свойств функций. Приведен набор математических задач, разработанных авторами, включающих в своё решение построения в приложении Desmos.

**Ключевые слова:** методика обучения математике, свойства функций, графики, цифровизация образования, Desmos

**Grinshpon I.E.<sup>1</sup>, Grinshpon Ya.S.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics*

<sup>2</sup> *Tomsk State University*

### **APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN STUDYING THE PROPERTIES OF FUNCTIONS BY THE EXAMPLE OF APPLICATION DESMOS**

**Abstract.** The article proves that simultaneous learning of the properties of functions both in theoretical algebraical-analytical way and computer graphical way is methodical effective. There is in the article a set of mathematical problems, developed by the authors, which solutions include constructing in application Desmos.

**Keywords:** teaching methods in math, function properties, graphs, digitalization of education, Desmos

Умение исследовать свойства функций является одним из важнейших навыков, освоение которого происходит при обучении как в школе, так и в вузе. Причиной этого является фундаментальная роль, которую играет понятие функциональной зависимости во все отраслях современной науки, инженерии и социальной деятельности. Эта зависимость может быть представлена разными способами: словесно (описание взаимозависимых величин и характера их влияния друг на друга), аналитически (через алгебраическую формулу) или графически (в виде кривой на координатной плоскости).

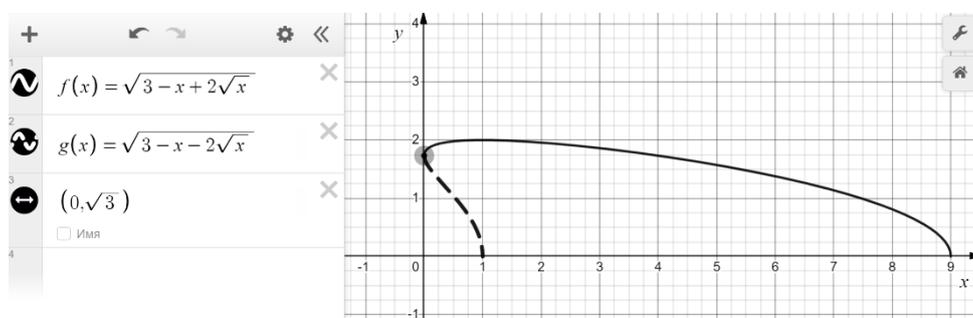
В математических курсах основное внимание, как правило, уделяется функциям, заданным аналитически или графически, при этом изучаются такие их свойства, как монотонность, экстремумы, непрерывность, ограниченность, чётность, наличие асимптот, прохождение через характерные точки (в частности, через начало координат), пересечение с важными линиями (в частности, с осями координат) и т.д. [1].

По мнению авторов, наиболее эффективным с методической точки зрения представляется вариант, когда алгебро-аналитическое исследование свойств сопровождается наглядной иллюстрацией в виде графика, и наоборот, графический анализ подкрепляется аналитической проверкой. Графическое сопровождение можно реализовывать в бесплатном приложении Desmos, имеющем удобный интуитивно понятный интерфейс и предоставляющем широкие возможности для построения графиков функций, в том числе, кусочно-непрерывных, а также содержащих параметры (с анимацией, показывающей движение графика при вариации параметра) [2].

Приведем примеры таких задач.

**Задача 1.** Методом выделения полных квадратов докажите ограниченность функций  $f(x) = \sqrt{3 - x + 2\sqrt{x}}$  и  $g(x) = \sqrt{3 - x - 2\sqrt{x}}$ . Укажите точные верхнюю и нижнюю границы их множеств значений. Сделайте проверку, начертив их графики в Desmos.

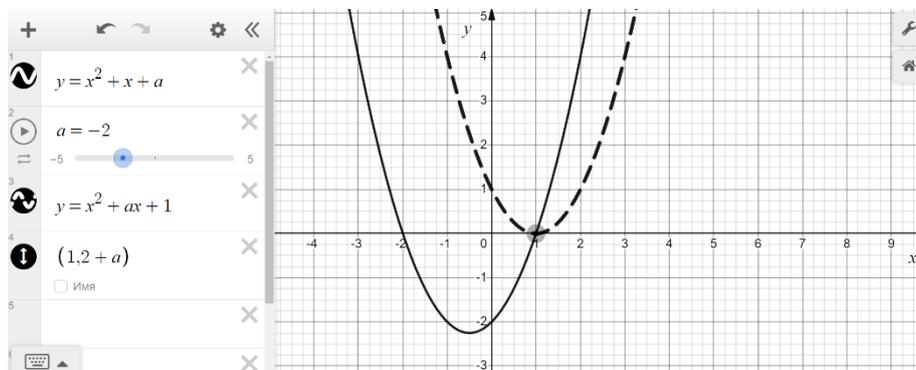
Выделив полные квадраты, преобразуем аналитические выражения функций к виду  $f(x) = \sqrt{4 - (\sqrt{x} - 1)^2}$  и  $g(x) = \sqrt{4 - (\sqrt{x} + 1)^2}$ . Заметив, что при любых действительных значениях  $x$  справедливы неравенства  $(\sqrt{x} - 1)^2 \geq 0$  и  $(\sqrt{x} + 1)^2 \geq 1$ , получим следующие множества значений функций  $E(f) = [0; 2]$  и  $E(g) = [0; \sqrt{3}]$ . Проверка в Desmos подтверждает правильность сделанных выводов (для наглядности отметили на чертеже точку  $(0; \sqrt{3})$ , в которой функция  $g(x)$  принимает наибольшее значение).



**Задача 2.** Докажите, что при всех значениях параметра  $a$ , кроме одного, точка пересечения парабол  $y = x^2 + x + a$  и  $y = x^2 + ax + 1$  имеет постоянную абсциссу. Найдите значение параметра  $a$ , при котором точка пересечения будет лежать на оси абсцисс. Сделайте графическую иллюстрацию решения задачи в виде подвижного чертежа в Desmos.

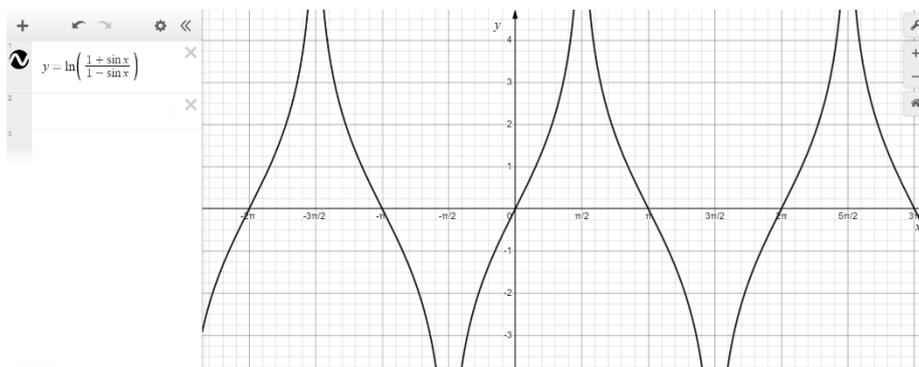
Абсциссу точки пересечения найдём из равенства  $x^2 + x + a = x^2 + ax + 1$ , сводящегося к линейному уравнению  $(a - 1)x = a - 1$ , которое при  $a \neq 1$  имеет единственное решение  $x = 1$ . Если же  $a = 1$ , то параболы  $y = x^2 + x + a$  и  $y = x^2 + ax + 1$  совпадают. Для всех  $a$ , отличных от единицы, ордината точки пересечения равна  $y(1) = a + 2$ . Точка окажется на оси абсцисс, если  $a + 2 = 0$ , то есть при  $a = -2$ . Графическая

иллюстрация в Desmos представляет собой подвижной чертёж с ползунком, позволяющим варьировать значения параметра  $a$ . Весьма эффектно и привлекательно для учащихся выглядит анимация, когда  $a$  автоматически пробегает значения из заданного промежутка.

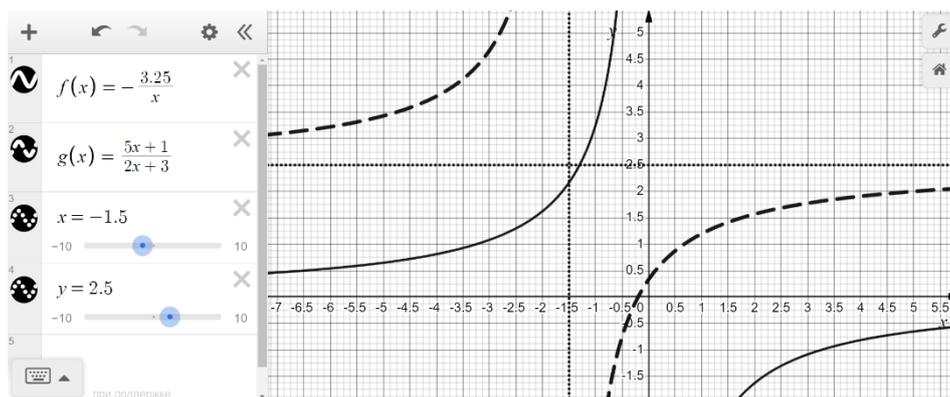


**Задача 3.** Найдите область определения и исследуйте на чётность функцию  $y = \ln \frac{1-\sin x}{1+\sin x}$ . Сделайте проверку, начертив график в Desmos.

Область определения находим из условия  $\frac{1-\sin x}{1+\sin x} > 0$ , равносильного неравенству  $\sin x \neq \pm 1$ , откуда  $x \neq \frac{\pi}{2} + \pi n, n \in \mathbb{Z}$ . Нечётность функции следует из соотношения  $y(-x) = \ln \frac{1+\sin x}{1-\sin x} = -y(x)$ . Чертёж в Desmos показывает геометрический смысл задачи: в точках разрыва  $\frac{\pi}{2} + \pi n$  видны вертикальные асимптоты, а график симметричен относительно начала координат.



**Задача 4.** Методом выделения целой части, определите, как нужно сдвинуть гиперболу  $f(x) = \frac{k}{x}$ , чтобы получить график функции  $g(x) = \frac{5x+1}{2x+3}$ . В Desmos начертите графики функций  $f(x)$  и  $g(x)$ , пунктиром обозначьте асимптоты. Проверьте ваш вывод о величине сдвигов вдоль каждой из осей.

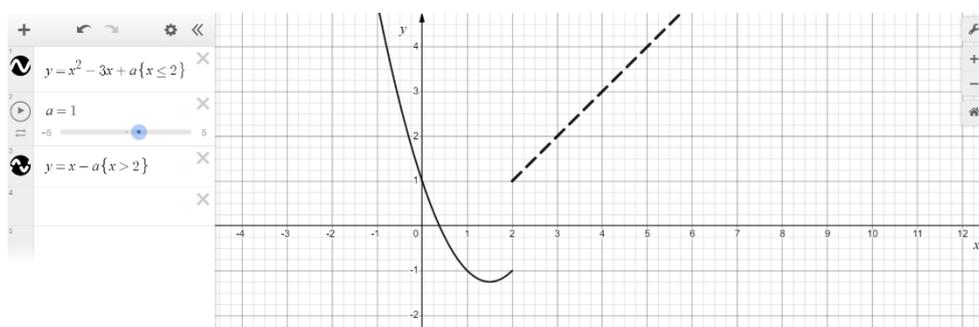


Выделим целую часть:  $g(x) = \frac{5}{2} \cdot \frac{x+0,2}{x+1,5} = 2,5 \cdot \frac{x+1,5-1,3}{x+1,5} = 2,5 - \frac{3,25}{x+1,5}$ .

Тогда график функции  $f(x) = \frac{-3,25}{x}$  сдвигается на 1,5 единицы влево и на 2,5 единицы вверх, а его асимптоты задаются уравнениями  $x = -1,5$  и  $y = 2,5$ .

**Задача 5.** Для каждого значения параметра  $a$  исследуйте функцию  $f(x) = \begin{cases} x^2 - 3x + a, & \text{если } x \leq 2, \\ x - a, & \text{если } x > 2 \end{cases}$  на непрерывность. Сделайте графическую иллюстрацию решения задачи в виде подвижного чертежа в Desmos.

Функция  $f(x)$  непрерывна во всех точках  $x \neq 2$ . Найдём пределы:  $\lim_{x \rightarrow 2-0} f(x) = \lim_{x \rightarrow 2-0} (x^2 - 3x + a) = a - 2$  и  $\lim_{x \rightarrow 2+0} f(x) = \lim_{x \rightarrow 2+0} (x - a) = 2 - a$ . Если  $a - 2 \neq 2 - a$ , то есть  $a \neq 2$ , то  $f(x)$  имеет в точке  $x = 2$  разрыв первого рода («скачок»). Если же  $a = 2$ , то функция непрерывна на всей числовой прямой.



**Задача 6.** Методом введения вспомогательного угла, определите амплитуду, период, начальную фазу, наибольшее и наименьшее значения, промежутки монотонности и экстремумы гармонического колебания  $y = 3 \cos 6x + 4 \sin 6x + 2$ . Сделайте проверку, начертив график в Desmos.

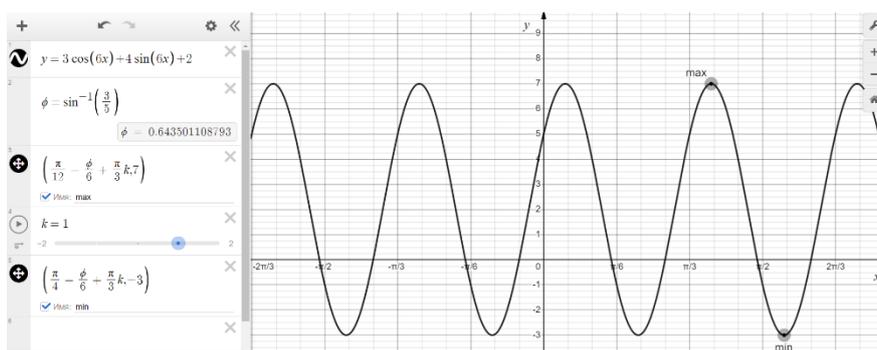
Введя угол  $\varphi = \arcsin \frac{3}{5} = \arccos \frac{4}{5}$ , преобразуем данную функцию:  

$$y = 3 \cos 6x + 4 \sin 6x + 2 = 5 (\sin \varphi \cos 6x + \sin 6x \cos \varphi) + 2 = 5 \sin(6x + \varphi) + 2.$$

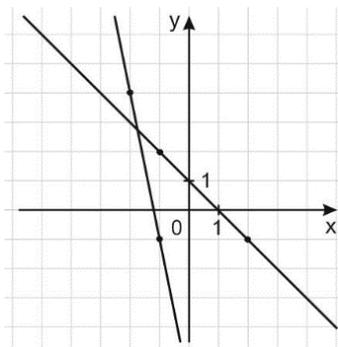
Значит, график этой функции получается из графика основной функции  $y = \sin x$  сжатием в 6 раз к оси ординат, сдвигом на  $\frac{\varphi}{6}$  единиц влево, растяжением в 5 раз от оси абсцисс и сдвигом на 2 единицы вверх.

Тогда амплитуда равна 5, период —  $\frac{\pi}{3}$ , начальная фаза —  $\varphi$ , наименьшее значение —  $(-3)$ , наибольшее значение —  $7$ , промежутки возрастания —  $\left[-\frac{\pi}{12} - \frac{\varphi}{6} + \frac{\pi k}{3}; \frac{\pi}{12} - \frac{\varphi}{6} + \frac{\pi k}{3}\right]$ , промежутки убывания —  $\left[\frac{\pi}{12} - \frac{\varphi}{6} + \frac{\pi k}{3}; \frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{6} + \frac{\pi k}{3}\right]$ , точки максимума —  $\frac{\pi}{12} - \frac{\varphi}{6} + \frac{\pi k}{3}$ , точки минимума —  $\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi}{6} + \frac{\pi k}{3}$ , где  $k$  — произвольное целое число.

Установив в Desmos шаг изменения параметра  $k$  равным единице, можно получить анимацию с последовательным показом различных пар точек, в которых достигаются наибольшее и наименьшее значения функции.

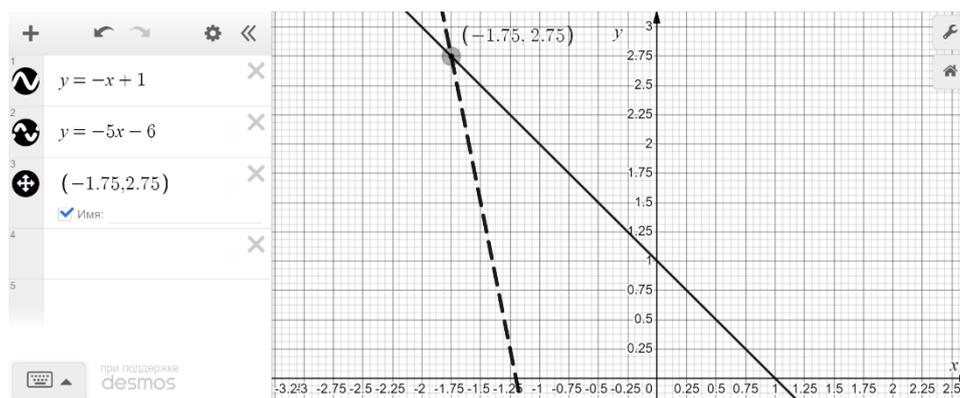


**Задача 7.** Найдите точку пересечения графиков линейных функций, изображенных на рисунке. Сделайте проверку в Desmos, сравнив полученный в приложении чертёж с этим рисунком.



Записав уравнения прямых в виде  $y = kx + b$  и подставив в эти уравнения координаты выделенных на чертеже точек (либо определив угловой коэффициент и начальную ординату для одной из прямых графически), получим линейные функции  $y = -x + 1$  и  $y = -5x - 6$ . Из системы уравнений  $\begin{cases} y = -x + 1, \\ y = -5x - 6, \end{cases}$  получим точку пересечения  $(-1,75; 2,75)$ .

Построение в Desmos графиков линейных функций, полученных в ходе решения этой задачи, хорошо согласуется с предложенным чертежом.

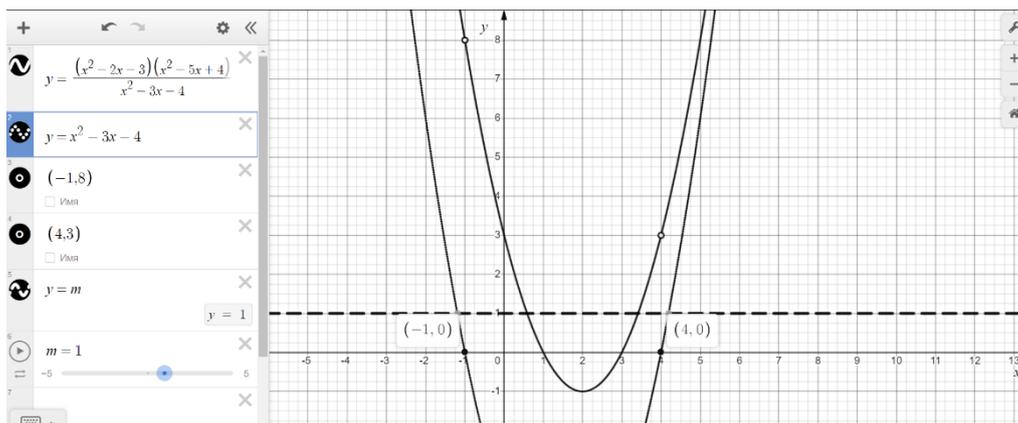


Отметим, что подобные задачи встречаются в КИМ профильного ЕГЭ по математике (задание 11). Возможность визуальной проверки аналитического решения (особенно, когда точка пересечения находится за пределами предложенного в варианте чертежа) способствует более глубокому пониманию учащимися реального смысла проводимых преобразований.

Применение Desmos может существенно повысить эффективность подготовки учащихся к решению задания 22 КИМ ОГЭ. Эта задача на построение графика функции традиционно вызывает трудности у девятиклассников, так как предлагаемые в вариантах кусочно-непрерывные функции и функции с устранимыми разрывами, как правило, весьма бегло и поверхностно изучаются на уроках математики. Рассмотрим пример такой задачи.

**Задача 8.** Найдите значения параметра  $m$ , при которых прямая  $y = m$  имеет ровно одну общую точку с графиком функции  $y = \frac{(x^2 - 2x - 3)(x^2 - 5x + 4)}{x^2 - 3x - 4}$ . Решите эту задачу сначала графически с помощью подвижного чертеж в Desmos, а затем подтвердите полученный ответ аналитически.

Применение Desmos при решении этого задания сопряжено с проблемой, заключающейся в том, что Desmos автоматически не показывает устранимые разрывы на графике функции. Поэтому разделим процесс исследования графика функции на этапы: а) начертим график функции без учёта устранимых разрывов; б) начертим график знаменателя и определим точки его пересечения с осью абсцисс; в) отметим выколотые точки на графике; г) зададим подвижную горизонтальную прямую и определим, когда она имеет одну общую точку с графиком.



Аналитическое решение. Из ограничения  $x^2 - 3x - 4 \neq 0$  следует, что функция не определена при  $x = -1$  и  $x = 4$ . Упростим выражение функции, сократив дробь:  $y = \frac{(x+1)(x-3)(x-1)(x-4)}{(x+1)(x-4)} = (x-3)(x-1) = x^2 - 4x + 3$ . Значит, графиком является парабола с двумя выколотыми точками:  $(-1; 8)$  и  $(4; 3)$ . Вершина параболы располагается в точке  $(2; -1)$ . Ясно, что прямая  $y = t$  имеет одну общую точку с графиком при  $t = -1, t = 3, t = 8$ .

Включение рассмотренных выше и других аналогичных задач в процесс обучения позволяет визуализировать и тем самым сделать более понятными и осязаемыми для учащихся «абстрактные преобразования с буквами». Также, легальная, разрешенная преподавателем возможность использования на математических занятиях любимого гаджета, а также яркость и подвижность получаемых в Desmos чертежей, стимулируют интерес к исследованию свойств функций и мотивируют к более глубокому изучению и других смежных разделов (например, в Desmos можно графически проверять решения уравнений и неравенств, строить графики производных и т.д.).

### Список литературы

1. Гриншпон И.Э., Гриншпон Я.С. Функции и графики. Томск: издательский дом Томского государственного университета, 2018. 110 с.
2. Иванова О.В., Слепцова Я.В. Использование графического калькулятора Desmos при обучении учащихся понятиям функциональной линии курса алгебры основной школы // Школьные технологии. – 2020. – Вып. 1. URL: <https://narodnoe.org/journals/shkolnie-tehnologii/2020-1/ispolzovanie-graficheskogo-kalkulyatora-desmos-pri-obuchenii-uchashihsya-ponyatiyam-funkcionalnoiy-linii-kursa-algebri-osnovnoiy-shkoli>.

**Кораблёва К.М.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского*

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕДИАТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ  
ФОНЕТИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ НА АНГЛИЙСКОМ ЯЗЫКЕ  
У МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ**

**Аннотация.** Статья посвящена исследованию возможностей применения медиатехнологий в процессе формирования фонетической компетенции на английском языке у учащихся младших классов. Автор рассматривает различные методы и подходы, которые могут быть использованы для эффективного обучения произношению, а также анализирует преимущества и недостатки использования мультимедийных материалов в учебном процессе. Освещаются ключевые аспекты фонетической компетенции, такие как распознавание звуков, артикуляция, интонирование и ударение. Особое внимание уделяется роли аудио- и видеоматериалов, интерактивных игр и приложений в процессе освоения фонетики английского языка младшими школьниками.

**Ключевые слова:** фонетическая компетенция, медиатехнологии, английский язык, произношение

**Korableva K.M.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *V.I. Vernadsky Crimean Federal University*

**APPLICATION OF MEDIA TECHNOLOGIES FOR FORMING PHONETIC  
COMPETENCE OF JUNIOR SCHOOLCHILDREN IN ENGLISH**

**Abstract.** The paper studies the possibilities of using media technologies in the process of developing English phonetic competence of primary school students. The author examines various methods and approaches that can be used to teach pronunciation effectively, and also analyzes the advantages and disadvantages of using multimedia materials in the educational process. The paper covers key aspects of phonetic awareness such as sound recognition, articulation, intonation and stress. Particular attention is paid to the role of audio and video materials, interactive games and applications in the process of mastering the phonetics of the English language by primary schoolchildren.

**Keywords:** phonetic competence, media technologies, the English language, pronunciation

В современном мире медиатехнологии играют важную роль в образовании, предоставляя новые возможности для обучения различным языкам, включая английский. Формирование фонетической компетенции на английском языке у младших школьников становится особенно актуальным с применением медиатехнологий, которые помогают детям легче и интереснее усваивать материал, развивать навыки аудирования, говорения, чтения и письма.

Современный учитель английского языка должен обладать компетенцией в использовании информационно-коммуникационных технологий, включая умение применять различные образовательные ресурсы для развития языковых навыков и речевых умений учащихся на своих уроках. ИКТ-компетенция учителя иностранного языка включает теоретические знания о современных технологиях и практическое умение использовать эти знания для создания и применения образовательных ресурсов [1].

В данной статье рассматриваются особенности применения медиатехнологий для формирования фонетической компетенции на английском языке у учащихся младших классов, а также анализируются преимущества и недостатки данного подхода в обучении.

Актуальность исследования обусловлена, прежде всего, необходимостью поиска наиболее эффективных методов формирования фонетических навыков учащихся начальных классов.

В настоящее время педагог, преподающий английский язык, должен обладать не только знанием современных методик обучения. Чтобы эффективно взаимодействовать с нынешними учащимися, являющимися, по выражению В. В. Лаптева, «цифровым поколением», то есть с людьми, с рождения привыкшими к использованию современных гаджетов и смартфонов и способных легко с ними обращаться, учителям следует пересмотреть традиционную форму обучения или же дополнить ее применением гаджетов, онлайн-ресурсов и интернета. Это поможет улучшить не только интерес к учебе, но и повысит уровень знания иностранного языка, благодаря образовательному и развлекательному контенту [2].

Объектом исследования выступает процесс формирования фонетической компетенции на английском языке у младших школьников, предметом исследования – медиатехнологии как инструмент формирования фонетической компетенции у младших школьников на английском языке.

Целью работы является анализ эффективности применения медиатехнологий для формирования фонетической компетенции младших школьников на английском языке и, как следствие, предложение рекомендаций по их использованию в учебном процессе.

Языковая компетенция подразумевает владение языковыми знаниями и включает в себя фонетический, лексический и грамматический уровни, которые соответствуют уровням системы языка. Фонетический уровень связан с произношением звуков и слов, лексический – со знанием слов, а грамматический – с правилами построения предложений и словообразования [3].

Теоретические аспекты формирования фонетической компетенции в английском языке включают в себя изучение основных правил произношения, а также особенностей английской фонетики. Фонетическая компетенция включает в себя способность правильно произносить звуки,

слова и фразы на английском языке, а также умение различать звуки и интонации [4].

Важность теоретических аспектов формирования фонетической компетенции на английском языке у детей младшего школьного возраста обусловлена рядом причин. Во-первых, знание теоретических основ является ключом к пониманию процесса обучения и его закономерностей, что позволяет учителям и родителям эффективно планировать и осуществлять образовательный процесс. Во-вторых, теоретические знания помогают учителям адаптировать методики обучения к индивидуальным особенностям каждого ребенка. Это обеспечивает более успешное освоение материала и формирование фонетической компетенции.

П. В. Сысоев утверждает, что использование современных технологий и образовательных интернет-ресурсов в обучении может способствовать повышению познавательной активности учащихся. Работа с такими ресурсами помогает ученикам не только освоить технические устройства и навыки работы с интернетом, но и научиться искать, оценивать и анализировать информацию. Это также дает возможность «расширить языковую и культурную практику»: через социальные сети ученики могут общаться с носителями иностранного языка и развивать коммуникативные навыки на этом языке, а также формировать межкультурную компетентность [5].

Одним из важнейших инструментов формирования и совершенствования фонетической компетенции являются интерактивные учебники и приложения, которые позволяют учащимся практиковаться в произношении и распознавании звуков на английском языке в игровой форме. Кроме того, медиатехнологии могут быть использованы для создания персонализированных программ обучения фонетике. Это позволяет сделать процесс обучения более эффективным и увлекательным для каждого учащегося. Анализ практического опыта использования медиатехнологий для развития фонетической компетенции школьников на уроках английского языка показывает, что их применение является эффективным и актуальным методом обучения.

Изучая преподавание фонетики современным обучающимся, С. В. Ратовская подчеркивает, что обучение фонетике должно обязательно включать использование интернет-источников или мобильных приложений. Согласно ее мнению, обучающиеся должны быть не только знакомы с теоретическими основами, но и уметь применять их на практике в процессе общения: обучающимся нужно не только точно воспринимать информацию, которую передает собеседник, но также уметь правильно и точно передавать информацию устно для избегания возможного недопонимания и конфликтов [6].

Приложение “English Pronunciation”, созданное компанией “КЕРНАМ” в 2014 году, предлагает пользователям доступ к аудио- и видеоматериалам,

на которых демонстрируются различные варианты произношения английских звуков [7].

Другое мобильное приложение, заслуживающее внимания – “Sounds: The Pronunciation App”. Данное приложение содержит интерактивную таблицу английских звуков с британским и американским вариантами произношения, созданную редактором издательства Макмиллан и экспертом в области обучения произношению Адрианом Андерхиллом [8].

Использование медиатехнологий в обучении фонетике младших школьников имеет ряд преимуществ:

1. Доступность: благодаря интернету и мобильным приложениям, обучающиеся имеют доступ к огромному количеству ресурсов, которые могут использовать для изучения фонетики.

2. Разнообразие: медиатехнологии предлагают разнообразные ресурсы для обучения, такие как видео, аудио, интерактивные задания и т.д. Это помогает сделать процесс обучения более интересным и увлекательным для детей.

3. Индивидуальность: использование медиатехнологий позволяет учитывать индивидуальные особенности и потребности каждого ученика, предлагая материалы разной сложности и направленности.

Однако использование медиатехнологий также имеет и некоторые недостатки:

1. Отвлекающие факторы: использование интернета и мобильных устройств может отвлечь учеников от учебного процесса, особенно если они не умеют контролировать свое время и внимание.

2. Недостаток личного общения: обучение с использованием медиатехнологий может привести к недостатку личного общения между учителем и учениками, что может негативно сказаться на процессе обучения.

3. Технические проблемы: использование медиатехнологий может столкнуться с техническими проблемами, такими как, проблемы с подключением к интернету, сбои в работе приложений и т.д., что может помешать процессу обучения.

Оптимизация использования медиатехнологий на уроках английского языка может быть достигнута путем следующих мер:

1. Ограничение использования мобильных устройств: для минимизации отвлекающих факторов.

2. Интеграция различных медиаресурсов: для обеспечения разнообразия и интереса к обучению можно интегрировать различные медиаресурсы, такие как аудиозаписи, видеоматериалы, интерактивные упражнения и т. д.

3. Постепенное внедрение технологий: не стоит сразу же полностью переходить на использование технологий в учебном процессе. Лучше начать с небольших проектов и постепенно увеличивать их сложность.

4. Обучение преподавателей: важно провести обучение учителей использованию медиатехнологий в учебном процессе, чтобы они могли эффективно использовать их при формировании фонетических навыков.

5. Постоянное обновление технологий: необходимо следить за новыми технологиями и обновлениями уже существующих, чтобы использовать их в учебном процессе.

6. Контроль использования технологий: важно контролировать использование технологий на уроках, чтобы предотвратить возможные нарушения дисциплины и потерю концентрации учеников.

В заключение можно сказать, что применение медиатехнологий является важным инструментом для формирования фонетической компетенции на английском языке у младших школьников. Благодаря доступности и разнообразию ресурсов, таких как интернет и мобильные приложения, учителя могут предложить учащимся разнообразные и интересные задания для изучения фонетики. Однако использование технологий также может иметь недостатки, такие как отвлекающие факторы и технические проблемы. Поэтому важно оптимизировать использование медиатехнологий, ограничивая использование мобильных устройств, интегрируя различные типы ресурсов и обучая учителей эффективному использованию технологий. Следуя этим рекомендациям, можно улучшить процесс формирования фонетической компетенции у младших школьников с помощью медиатехнологий.

### **Список литературы**

1. Евстигнеев М.Н. Структура ИКТ компетентности учителя иностранного языка // Язык и культура. – 2011. – № 1. – С. 119–125.
2. Лаптев В.В., Носкова Т.Н. Педагогическая деятельность в электронной среде: перспективы нового качества // Педагогика. – 2016. – № 10. – С. 3–13.
3. Шахнарович, А. М. Проблемы психолингвистики. – Москва, 1987. – 256 с.
4. Хомутова А.А. Фонетическая компетенция: структура, содержание // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Лингвистика. – 2017. – № 2. – С. 71–76.
5. Сысоев П.В. Направления и перспективы информатизации языкового образования // Высшее образование в России. – 2013. – № 10. – С. 90–97.
6. Ратовская С.В. Использование образовательных интернет-ресурсов при обучении теоретической фонетике английского языка // Проблемы современного педагогического образования. – Ялта, 2015. – С. 318–324.
7. Мобильное приложение «English Pronunciation». [Электронный ресурс]. URL: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.study.english.pronunciation> (дата обращения: 29.11.2023).
8. Мобильное приложение «Sounds: The Pronunciation App». [Электронный ресурс]. URL: <https://www.macmillan.ru/catalogue/278/58224/> (дата обращения: 29.11.2023).

*Статья представлена научным руководителем, старшим преподавателем кафедры английской филологии КФУ им. В.И. Вернадского С. Е. Чернобай*

**Ходаковский В.А.<sup>1</sup>, Шварц М.А.<sup>1</sup>, Шварц Ф.М.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I*

## **ПРИЛОЖЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ВЫСШЕЙ КВАЛИФИКАЦИИ**

**Аннотация.** Современная подготовка аспирантов по техническим наукам обычно связана с проведением экспериментальных работ, занимающих длительное время для накопления массива анализируемых данных. С помощью использования нейросетевых технологий данный процесс можно ускорить, обогатив новыми возможностями. Рассмотрено использование нейросети для моделирования процесса подбора бетонной смеси для создания бетона с заданными характеристиками по накопленным экспериментальным данным. Показана хорошая сходимость данных физического и численного эксперимента по всем выходным характеристикам.

**Ключевые слова:** подготовка аспирантов, технические науки, физический эксперимент, численный эксперимент, нейросетевые технологии

**Khodakovsky V.A.<sup>1</sup>, Shvarts M.A.<sup>1</sup>, Shvarts F.M.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

## **APPLICATION OF MODERN DIGITAL TECHNOLOGIES IN TRAINING HIGHLY QUALIFIED SPECIALISTS**

**Abstract.** Modern training of postgraduate students in technical sciences is usually associated with experimental work, which takes a long time to accumulate an array of analyzed data. With the help of neural network technologies this process can be accelerated and enriched with new possibilities. The use of neural network for modeling the process of selection of concrete mixture to create concrete with specified characteristics by the accumulated experimental data is considered. The good convergence of physical and numerical experimental data on all output characteristics is shown.

**Keywords:** postgraduate training, technical sciences, physical experiment, numerical experiment, neural network technologies

Современная подготовка специалистов высшей квалификации (аспирантов и соискателей ученой степени кандидата технических наук) часто связана с проведением значительного числа дорогостоящих и длительных экспериментальных работ. Получение данных накапливается постепенно, на это уходят месяцы напряженного труда, затрудняет и задерживает аналитическую обработку получаемых результатов. Особенно ярко эта ситуация проявляется при разработке сложных многокомпонентных материалов.

Применение новых нейросетевых цифровых технологий позволяет ограниченное число физических экспериментов дополнить численным моделированием с последующим сравнением результатов. Такой подход весьма эффективен при синтезе новых материалов, обладающих заданными свойствами [1, 2]. В работе [1] рассматривается синтез двухкомпонентного материала для авиастроения, а в [2] исследуется создание керамического материала. Особенно перспективно сочетание физических и числовых экспериментов для синтеза строительных материалов.

Так, например, для создания современного рационального состава бетонной смеси и бетона на ее основе с заданными характеристиками требуется использование значительного количества компонентов, взаимодействующих друг с другом [3]. Построение теоретической модели процессов взаимодействия компонентов весьма сложно.

Известны работы по моделированию свойств бетонных материалов [4-10], но основой их создания остается экспериментальный подбор компонентов состава.

В процессе создания высококачественного самоуплотняющегося бетона необходимо исследовать влияние, по крайней мере, пяти-шести добавок (входных параметров) на свойства смеси и затвердевшего бетона, оценивая, как минимум, такие параметры как текучесть, связность, прочность на сжатие и на растяжение при изгибе.

В настоящем случае потребовалось изучить влияние шести входных параметров на семь выходных переменных. Для этого была построена модель множественной регрессии с помощью трехслойной нейросети, граф-модель которой представлена на рисунке 1.

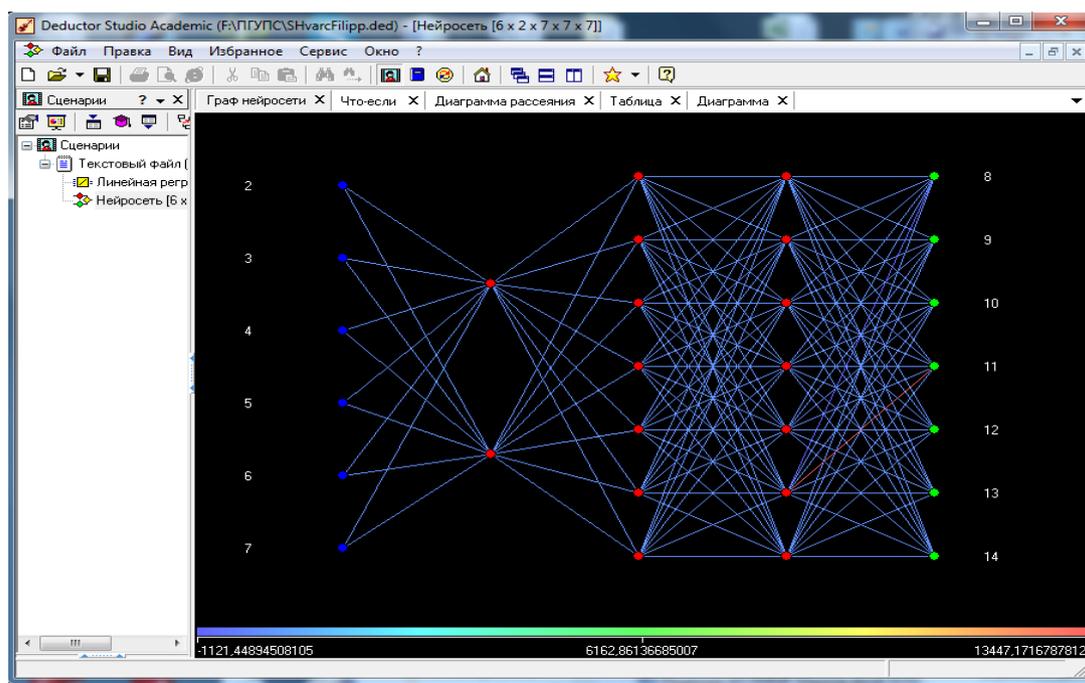


Рис. 1. Граф нейросети

Модель позволила проверить как аппроксимацию данных, так и экстраполяцию результатов вычислительного эксперимента.

Результаты обработки данных в аналитической среде «Дедуктор» («Loginom») приведены ниже.

На рисунке 2 представлено входное окно среды аналитической обработки «Дедуктор», где слева в окне изображен сценарий обработки данных, справа изображена таблица данных эксперимента, столбцы 2-7 являются входными переменными, столбцы 8-14 – выходные переменные.

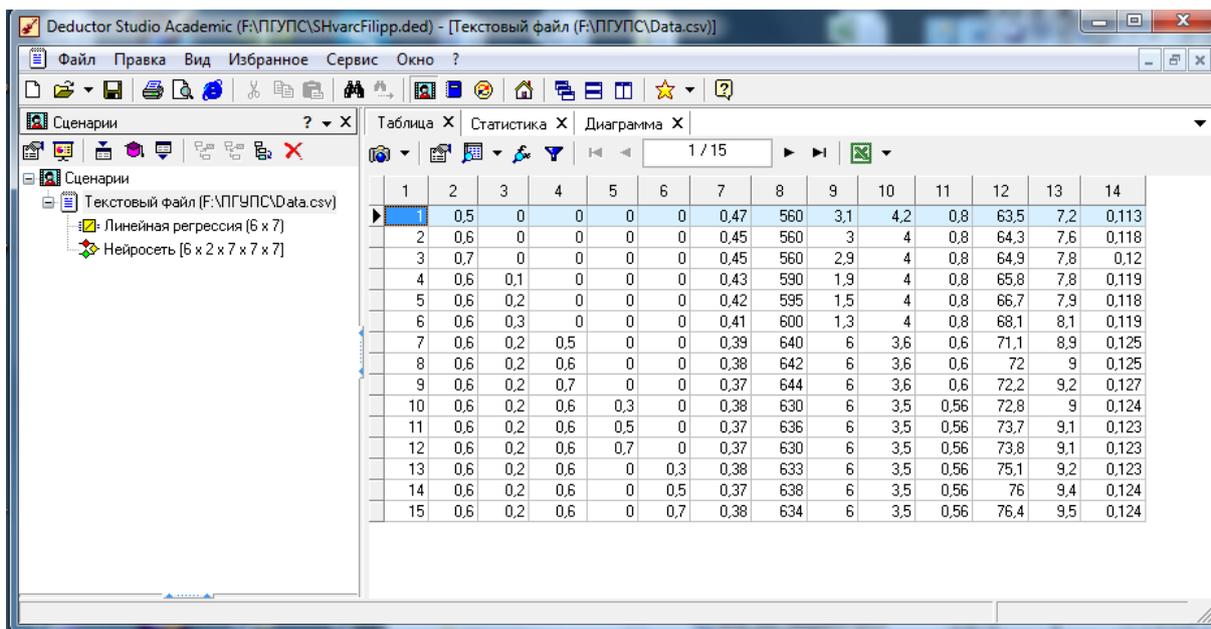


Рис. 2. Входное окно среды аналитической обработки «Дедуктор»

Последовательно применяя режимы настройки исходных данных нейронной сети: параметры структурной сети, настройка процесса обучения, настройка параметров остановки процесса обучения, режима обучения сети, запуск процесса обучения, получаем таблицу результатов работы сетевой модели (рис. 3). Отметим, что максимальные достигнутые погрешности имеют порядок  $10^{-2}$ . В тексте погрешности не приводятся.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	8_OUT	9_OUT	10_OUT	11_OUT	12_OUT	13_OUT	14_OUT
1	0,5	0	0	0	0	0,47	560	3,1	4,2	0,8	63,5	7,2	0,113	560	3,2	4,2	0,80	63,5	7,2	0,113
2	0,6	0	0	0	0	0,45	560	3	4	0,8	64,3	7,6	0,118	566	2,8	4,0	0,80	64,4	7,6	0,118
3	0,7	0	0	0	0	0,45	560	2,9	4	0,8	64,9	7,8	0,12	560	3,0	4,0	0,80	64,9	7,8	0,120
4	0,6	0,1	0	0	0	0,43	590	1,9	4	0,8	65,8	7,8	0,119	583	2,1	4,0	0,80	65,8	7,8	0,119
5	0,6	0,2	0	0	0	0,42	595	1,5	4	0,8	66,7	7,9	0,118	593	1,7	4,0	0,80	67,0	8,0	0,119
6	0,6	0,3	0	0	0	0,41	600	1,3	4	0,8	68,1	8,1	0,119	604	1,4	4,0	0,79	68,2	8,1	0,119
7	0,6	0,2	0,5	0	0	0,39	640	6	3,6	0,6	71,1	8,9	0,125	630	5,3	3,7	0,63	71,1	8,8	0,124
8	0,6	0,2	0,6	0	0	0,38	642	6	3,6	0,6	72	9	0,125	640	5,9	3,6	0,60	72,0	9,0	0,125
9	0,6	0,2	0,7	0	0	0,37	644	6	3,6	0,6	72,2	9,2	0,127	650	6,5	3,5	0,57	72,9	9,2	0,127
10	0,6	0,2	0,6	0,3	0	0,38	630	6	3,5	0,56	72,8	9	0,124	633	6,1	3,6	0,57	72,7	9,0	0,124
11	0,6	0,2	0,6	0,5	0	0,37	636	6	3,5	0,56	73,7	9,1	0,123	634	5,9	3,5	0,57	73,5	9,1	0,124
12	0,6	0,2	0,6	0,7	0	0,37	630	6	3,5	0,56	73,8	9,1	0,123	630	6,0	3,5	0,55	74,0	9,1	0,123
13	0,6	0,2	0,6	0	0,3	0,38	633	6	3,5	0,56	75,1	9,2	0,123	636	6,0	3,5	0,58	74,1	9,2	0,124
14	0,6	0,2	0,6	0	0,5	0,37	638	6	3,5	0,56	76	9,4	0,124	640	5,8	3,5	0,57	75,8	9,4	0,124
15	0,6	0,2	0,6	0	0,7	0,38	634	6	3,5	0,56	76,4	9,5	0,124	631	6,1	3,5	0,55	77,0	9,5	0,123

Рис. 3. Результаты работы сетевой модели

Важно заметить, что линейная регрессия с использованием режима нейросети «что если», позволяет оценить реакцию модели на различные комбинации входных данных.

Произведено сравнение экспериментальных данных и результатов прогноза нейронной модели для каждой выходной переменной с граничной оценкой 0,015. Графики сравнения экспериментальных данных и результатов прогноза модели представлены последовательно, начиная с выходной переменной 8 (рис. 4) до переменной 14 (рис. 10).

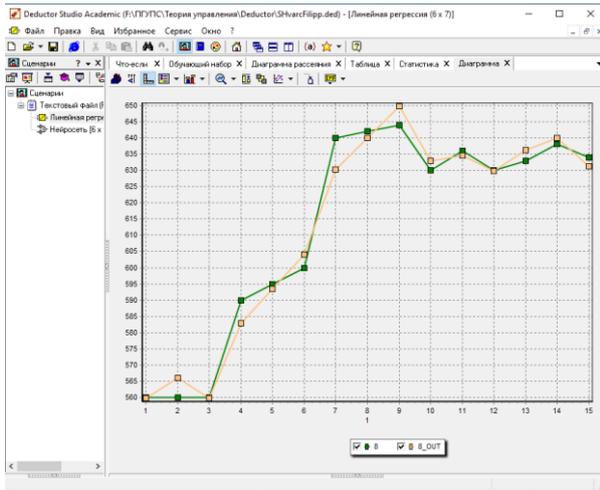


Рис. 4. Выход 8

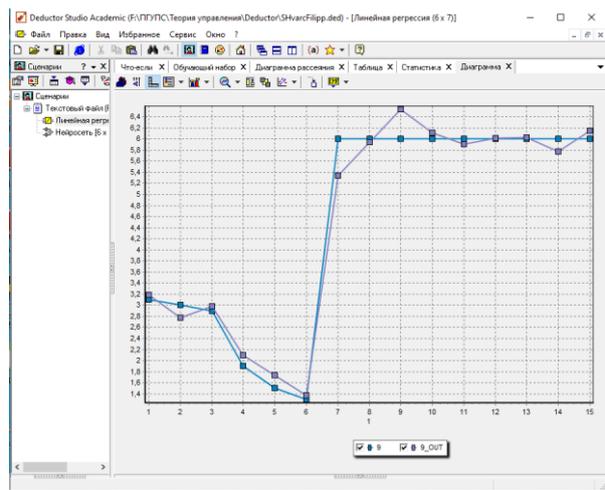


Рис. 5. Выход 9

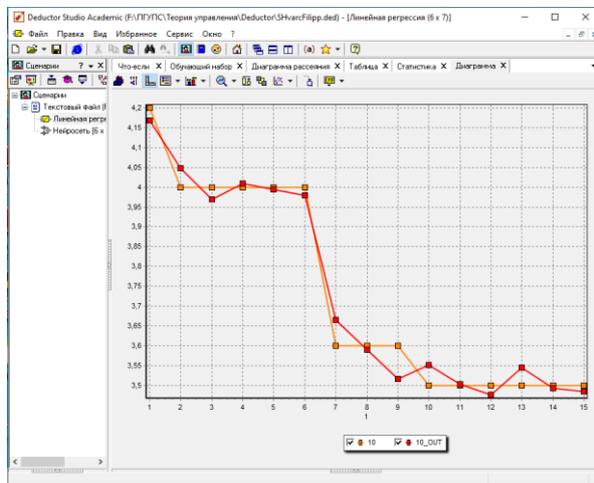


Рис. 6. Выход 10

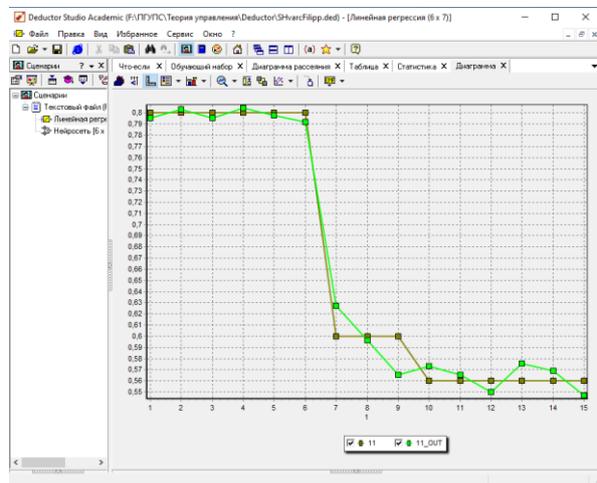


Рис. 7. Выход 11

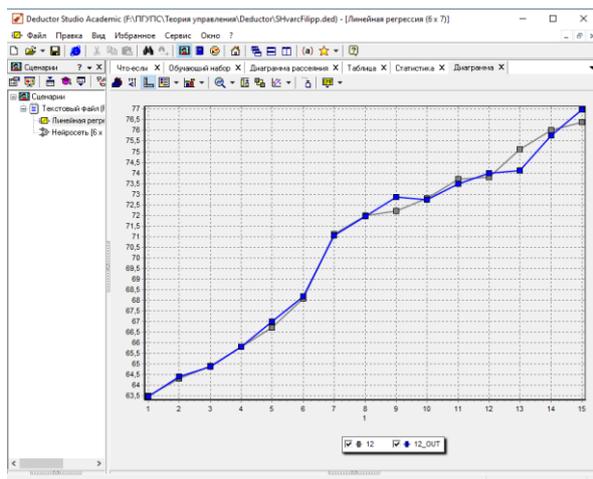


Рис. 8. Выход 12

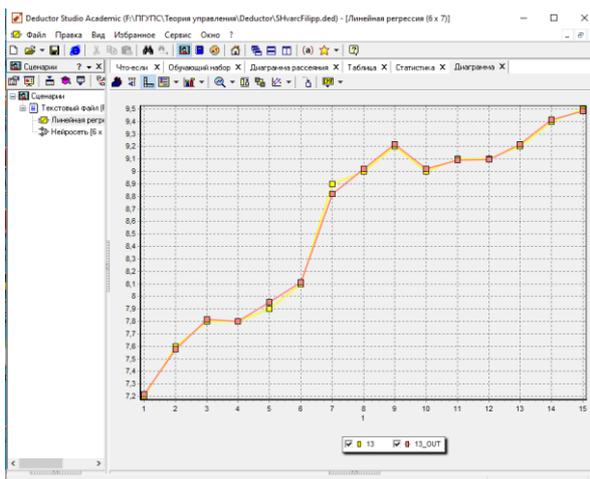


Рис. 9. Выход 13

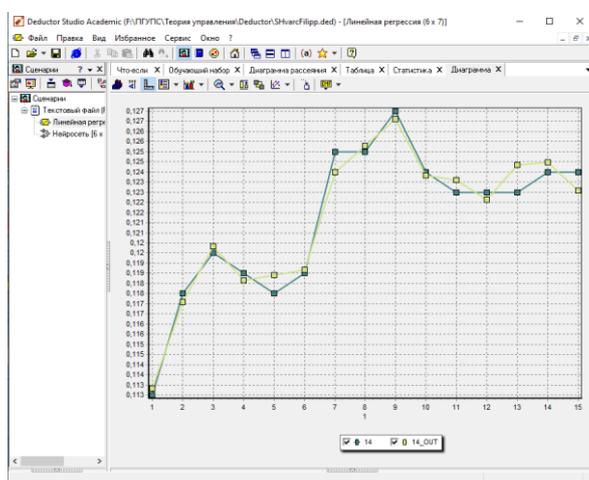


Рис. 10. Выход 14

## Выводы.

1. Результаты полученной нейронной модели хорошо согласуются с результатами физических экспериментов.
2. Предложенный способ моделирования может быть применен при синтезе различных композитных материалов.

## Список литературы

1. Попок Н.И., Пята М.В., Использование нейронных сетей и нечеткой логики для прогнозирования физико-химических свойств материалов // Ползуновский вестник 2008г. № 1-2, С 55-62.
2. Федосова Н. А. Разработка и математическое моделирование процесса получения керамоматричного композита, армированного углеродными нанотрубками : дис. ... канд. техн. наук : 05.17.08 / Федосова Наталья Алексеевна. Мск., 2016. 253 с.
3. Калашников. В. И. Эволюция развития составов и изменение прочности бетонов. Бетоны настоящего и будущего. // Строительные материалы. 2016 №1/2. С. 96-103.
4. Резаев Р. О., Дмитриев А. А., Бородуля Н. А., Чернявский Д. В., Применение комплексного подхода к оптимизации производственных составов на примере товарного бетона // ALITinform: Цемент. Бетон. Сухие Смеси. 2021№2 (63). С. 42-55.

5. Низина Т.А., Балыков А.С. Построение экспериментально-статистических моделей «состав – свойство» физико-механических характеристик модифицированных дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. С. 54–66.
6. Низина Т.А., Балыков А.С., Макарова Л.В. Применение моделей «состав – свойство» для исследования свойств модифицированных дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова 2016, №12, С. 15-21 с.
7. Дворкин Л.И. Оптимальное проектирование составов бетона / Л.И. Дворкин. – Львов: Вища школа, 1981. – 159 с.
8. Вознесенский В.А. Статистические решения в задачах анализа и оптимизации качества строительных материалов (методология и опыт применения): Автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.23.05 / Моск. инж.-стр. ин-т. - М., 1970. - 44 с.
9. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Довгань А.Д. Компромиссная многофакторная оптимизация гарантированного качества шлакощелочных вяжущих // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2007, т. 3, №1. – С. 5-15.  
Комохов П.Г., Харитонов А.М. Структура и свойства цементного камня с позиции компьютерного материаловедения // Academia. Архитектура и строительство. 2007. №4. - С. 63-66.
10. Комохов П.Г., Харитонов А.М. Имитационно-численная модель структуры и свойств цементного камня // Известия вузов. Строительство. - 2008. - №4 (592). - С. 10-16.

**Международный  
научно-практический IT-форум  
«ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ  
И ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ: АНАЛИЗ ОПЫТА  
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»**

---

**Секция 2.**

**Цифровые технологии  
в транспортной отрасли:  
опыт и перспективы**

УДК 004.056.5:69.058.3 + 004.421.4

**Володченко С.В.<sup>1</sup>, Володченко Д.Г.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> ООО «С-ИНФО»

<sup>2</sup> *Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I*

**ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДЫ ОБЩИХ ДАННЫХ  
ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ СВОДНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ  
В ПАРАДИГМЕ OPENBIM В BIM-ПЛАТФОРМЕ S-INFO**

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы применения информационных моделей объектов капитального строительства. Предложен способ создания и использования сводных информационных моделей с использованием открытых форматов обмена информации и современного программного обеспечения для реализации среды общих данных на основе ТИМ.

**Ключевые слова:** технологии информационного моделирования, среда общих данных, консолидация данных, проектирование, строительство, эксплуатация сооружений

**Volodchenko S.V.<sup>1</sup>, Volodchenko D.G.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> S-INFO LLC

<sup>2</sup> *Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

**FEATURES OF USING A COMMON DATA ENVIRONMENT FOR CREATING  
CONSOLIDATED INFORMATION MODELS IN THE OPENBIM PARADIGM  
ON THE BIM PLATFORM S-INFO**

**Abstract.** The article discusses the issues of using federal information models of facilities and construction. A method is proposed for creating and using federal information models with using open information exchange formats and modern software to implement a common data environment based on BIM.

**Keywords:** building information modelling, common data environment, data management, civil design, building, operation of facilities

**Введение.** Развитие процессов информационного моделирования (ТИМ) в сфере проектирования и строительства уже получило широкое распространение по всему миру, в Российской Федерации также идет активная цифровизация строительной отрасли [1]. Существует два подхода к реализации процессов информационного моделирования: CloseBIM и OpenBIM [2, 3]. Суть подхода CloseBIM заключается в использовании пакетов моделирования от одного вендора на всех этапах ЖЦ объекта капитального строительства (ОКС), что накладывает серьезные ограничения в плане работы специалистов, возможностей их комплексного взаимодействия, консолидации и структурирования информации проекта.

Избежать этого позволяет подход OpenBIM, основная концепция которого заключается в прозрачности, открытости и доступности актуальной информации для всех участников взаимодействия, вне зависимости от САПР, которые они используют.

Предлагается использование подхода OpenBIM для комплексного взаимодействия специалистов, которое заключается в консолидации данных и информационных потоков в единой информационной модели ОКС. Реализация этого подхода достигается путем создания сводной ТИМ-модели с использованием Среды общих данных (СОД) и файлов, рекомендуемых открытых форматов в соответствии с действующими нормативными документами (Минстрой, Минтранс и т. д.) [4]. Для организации СОД предлагается использовать отечественное ПО S-INFO.

**Что такое принцип OpenBIM.** Существует два основных подхода к реализации процессов информационного моделирования: CloseBIM и OpenBIM.

Подход CloseBIM [5] определяется пакетом (или пакетами, которые объединены в экосистему) программного обеспечения для ТИМ, который используется всеми ключевыми участниками проекта. В CloseBIM используется программное обеспечение от одного производителя, например, Autodesk, Tekla, Bentley, Trimble, Nemetchik, Hexagon. Зачастую используется не только одна экосистема от вендора, но даже и одно поколение программного обеспечения. Такой подход ограничивает участников проекта в использовании произвольного программного обеспечения. Хотя в CloseBIM не требуется преобразование файлов, процесс имеет существенные ограничения в том, что он не позволяет инженерам использовать ПО для ТИМ от различных производителей, тем самым препятствуя открытой интеграции на уровне данных проекта.

Противоположностью является парадигма OpenBIM, суть которой в сотрудничестве и открытом обмене информацией в проекте всех участников проекта, используя форматы данных с открытой спецификацией IFC [6], BCF [7], которые не контролируются ни одной компанией, что дает свободу в выборе программного обеспечения и построения рабочего процесса для создания ТИМ.

**Что такое сводная информационная модель и для чего она нужна.** Сводная информационная модель объекта представляет собой трехмерную модель, состоящую из разнообразных строительных элементов, которые связаны с данными геометрических, физических, функциональных, экономических и временных характеристик объекта капитального строительства.

Цель создания такой модели – организация единого информационного пространства проекта для обеспечения участникам проекта возможности доступа к актуальной и обновляемой информации проекта, в рамках реализации проекта для контроля и управления проектом, обработки и

анализа статистической информации о проекте, оптимизации проекта, оценки его эффективности, предотвращения ошибок проектирования и конфликтов (коллизий). Сводная информационная модель должна удовлетворять Информационным требованиям заказчика (Employer's Information Requirements, EIR). На данный момент выпущены рекомендации по наполнению информационных моделей данными - Описание атрибутивного состава ЦИМ [8].

Максимальный эффект использования сводной информационной модели достигается уже на стадии эксплуатации сооружения. Сводная информационная модель объекта позволяет передать заказчику и его эксплуатирующим организациям весь объем информации, накопленной на этапе проектирования и строительства, и избежать информационного разрыва и потерь информации, которые происходят при сдаче сооружения в эксплуатацию при традиционном подходе к управлению документацией.

**Как доставить информационную модель до пользователя.** Информационная модель объекта в классическом понимании является файлом или набором файлов в каких-либо форматах (на данный момент рекомендованы к использованию форматы IFC или XML [4]) и для работы с ней, как правило, требуется специализированное ПО (платное или бесплатное). Классический подход ориентирован на однопользовательскую работу с локальной копией информационной модели, что не предполагает многопользовательской работы с моделью, а именно совместного обновления данных и частей модели, распределённого доступа из различных точек и с разных устройств. Минусами такого подхода являются дублирование информации, потери информации, трудность обновления информации разными участниками проекта, отсутствие или затруднение контроля доступа к информации, наличие специализированного ПО и обученного персонала.

Избежать трудностей классического подхода позволяет создание единого информационного пространства на базе сводной информационной модели с использованием среды общих данных. Согласно СП 404.1325800.2018 [9] среда общих данных (СОД) представляет собой комплекс программно-технических средств, представляющих единый источник данных, обеспечивающий совместное использование информации всеми участниками проекта. Работа в среде общих данных основана на процедурах и регламентах, обеспечивающих эффективное управление коллективным процессом разработки и использования информационной модели, сбора, выпуска и распространения документации между участниками проекта.

**Что такое среда общих данных и как ее организовать.**  
**Использование BIM-платформы S-INFO.** Для организации СОД была выбрана отечественная BIM-платформа S-INFO (разработчик — ООО «С-ИНФО»). Преимуществом этого ПО является использование

информационных моделей для организации СОД, консолидация информации путем гибкого настраивания данных в соответствии с требованиями заказчика, в том числе использование настраиваемых пользователем классификаторов информации и базирующихся на них множественных структур данных. Использование настраиваемых классификаторов позволяет описать практически любые информационные требования Заказчика, в том числе организовать в соответствии с требованиями Классификатора строительной информации (КСИ) [10].

ВМ-платформа S-INFO представляет собой программный комплекс, реализующий клиент-серверную архитектуру и состоящий из:

- ВМ-сервера S-INFO;
- настольного инженерного клиента «S-INFO Desktop – настольное решение» для создания информационных моделей и данных;
- web-клиента для доступа к данным с блоком аналитики и бизнес-анализа;
- web-сервера для доступа к документам проекта по ссылкам;
- мобильного клиента «S-INFO Mobile» для работы в полевых условиях с мобильных устройств в режиме офлайн, без доступа к серверу S-INFO;
- бесплатного просмотрщика кэша проектов «S-INFO Lite».

Сервер приложений S-INFO-сервер может быть размещен на вычислительных мощностях заказчика, если этого требуют протоколы безопасности организации. Сервер не требует доступа в интернет и может работать в локальной сети заказчика, что обеспечивает дополнительную безопасность и конфиденциальность данных, что является одним из условий работы государственных организаций. Сервер работает под управлением отечественных ОС (Alt-Server и Astra-Linux, использует отечественную СУБД PostgresPRO). ПО S-INFO внесено в реестр программного обеспечения и баз данных для ЭВМ Министерства связи Российской Федерации (номер записи в реестре 7457 от 30.11.2020).

**Заключение и выводы.** Информационная модель – это общий ресурс знаний для получения информации об объекте, который регулярно обновляется, дополняется новой информацией и служит надежной основой для принятия решений в течение его жизненного цикла объекта.

Многие организации уже начали переход ТИМ процессам, основанным на использовании моделей, однако «реальный» потенциал ВМ может быть реализован только путем открытого обмена информацией о проекте между ключевыми участниками проекта: архитекторами, инженерами-строителями, проектировщиками инженерных систем и другими пользователями. Продолжение разрозненного проектирования даже с использованием 3D-инструментов только усугубит проблему проектирования, связанную со сроками и затратами.

Информационные модели объектов и собираемая в них информация нужна очень большому кругу людей, которые могут не обладать профессиональными навыками и навыками использования ПО. Это руководители высшего звена (Заказчик, Подрядчик, Инвестор и т. д.), которые принимают ответственные решения и являются основными потребителями информации, которую необходимо доставить максимально простым и доступным им способом. Эти люди разделены территориально и могут находиться в разных часовых поясах, что подразумевает доступ к информации из любого места и в любое время. Эти проблемы решает организация единого информационного пространства на основе информационной модели с использованием СОД.

Необходимость работать с большим количеством документации и вносить в модель синхронизированные изменения со стороны всех участников проекта требует использования документированных, открытых форматов и расширяемых форматов передачи информации, что диктует необходимость разработки и создания единого национального ТИМ стандарта РФ для описания процесса и формата обмена информацией на всех стадиях ЖЦ объекта.

Создание единого национального ТИМ стандарта предполагает совместное участие всех заинтересованных пользователей и организаций – проектировщиков, строителей, нормотворческих организаций, вендоров и разработчиков ПО. Предпочтительным подходом является создание национального открытого ТИМ-консорциума и вовлечение в него описанных выше участников.

### **Список литературы**

1. Стратегия развития строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2035 года. Утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 31 октября 2022 г. № 3268-р. Стр. 52, 97, 99.
2. BuildingSMART is the worldwide industry body driving the digital transformation of the built environment // <https://www.buildingsmart.org/> : сайт. – URL: <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/> (дата обращения: 17.11.2023)
3. What is openBIM®? // <https://www.buildingsmart.org> : сайт. – URL: <https://www.buildingsmart.org/about/openbim/openbim-definition/> (дата обращения: 17.11.2023)
4. СП 333.1325800.2020. Свод правил «Информационное моделирование в строительстве. Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. N 928/ пр. и введен в действие с 1 июля 2021 г.
5. OpenBIM v ClosedBIM // <https://www.ukconstructionmedia.co.uk/> : сайт. – URL: <https://www.ukconstructionmedia.co.uk/press-releases/open-bim-v-closed-bim-xs-cad/> (дата обращения: 20.10.2023)

6. Industry Foundation Classes (IFC) // <https://www.buildingsmart.org/> : сайт. – URL: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/industry-foundation-classes/> (дата обращения: 10.11.2023)
7. BIM Collaboration Format (BCF). // <https://www.buildingsmart.org/> : сайт. – URL: <https://www.buildingsmart.org/standards/bsi-standards/bim-collaboration-format-bcf/> (дата обращения: 17.11.2023)
8. Описание атрибутивного состава ЦИМ для проектирования, строительства и эксплуатации согласно СП 333.1325800.2020. Министерство строительства РФ. Опубликовано 18.05.2022.
9. СП 404.1325800.2018. Свод правил «Информационное моделирование в строительстве. Правила разработки планов проектов, реализуемых с применением технологии информационного моделирования». Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 17 декабря 2018 г. N 814/ пр. и введен в действие с 18 июня 2019 г.
10. "Градостроительный кодекс Российской Федерации" от 29.12.2004 N 190-ФЗ (ред. от 04.08.2023) с изм. и доп., вступил в силу с 01.09.2023.

УДК 519.83

**Луценко М.М.**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I*

### **МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЦЕНТРА С АГЕНТАМИ, ПРИВОДЯЩИЕ К КООПЕРАЦИИ**

**Аннотация.** Рассматриваются теоретико-игровые постановки задач распределения ресурсов, среди которых выделяются те, в которых центр управляет агентами. Подробно рассматриваются те игры, в которых имеются несколько ситуаций равновесия. Указывается на необходимость возникновения коалиций для достижения наилучшего для всех результата.

**Ключевые слова:** компьютерная сеть, бескоалиционная игра, кооперативная игра, ситуация равновесия

**Lutsenko M.M.**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

### **MODELS OF INTERACTION OF THE CENTER WITH AGENTS LEADING TO COOPERATION**

**Abstract.** Game-theoretic formulations of resource allocation problems are considered, among which those in which the center controls the agents are highlighted. Those games in which there are several equilibrium situations are considered in detail. Points out the need for coalitions to achieve the best result for everyone.

**Keywords:** computer network, non-cooperative game, cooperative game, equilibrium situation

Увеличение и усложнение компьютерных сетей привело к тому, что компьютеры должны принимать решения самостоятельно в соответствии со складывающейся ситуацией. Таким образом, каждый компьютер имеет несколько возможных действий и эти возможности известны другим компьютерам сети. Кроме того, каждый компьютер сети может оценить последствия своих действий с учетом предполагаемых действий других участников сети. Следовательно, каждый компьютер должен решать некоторую экстремальную задачу, не зная достаточно полно возможное поведение других компьютеров.

Хотя такие предположения не всегда реализованы полностью, но многие его существенные детали мы можем наблюдать на практике. Модели, в которых несколько участников пытаются решить свои экстремальные задачи, не зная о поведении других участников, подробно исследовались в теории игр [1-3]. Однако прямое применение теории игр невозможно без понимания тех проблем, которые возникают в самой теории.

В работе предлагается рассмотреть некоторые модели теории бескоалиционных игр. В них мы покажем, какие ситуации равновесия возможны и как организационно они могут быть реализованы.

Современная теория игр занимается моделированием конфликтных ситуаций в условиях полной и частичной информации. Хорошо известны приложения теории игр в экономике, политологии, например, теоремы существования равновесия на рынке товаров, задачи о переговорах, голосовании и др. Теория игр уделяет большое внимание информации, получаемой игроками, и построению дележа общего выигрыша, полученного игроками в результате их совместных действий [4, 5]. В настоящей работе мы займемся математическим моделированием взаимодействия подразделений в организационной структуре, если интересы подразделений не совпадают с интересами центра.

Среди всех игр особое место занимают игры, у которых выигрыш одного из игроков равен проигрышу другого. Эти игры описывают взаимодействие игроков с абсолютно противоположными интересами и называются антагонистическими. Теория антагонистических и, в частности, матричных игр хорошо развита и имеет многочисленные приложения [3]. Однако в большинстве моделей игроки преследуют лишь свои личные цели и не интересуются ущербом, нанесенным другим игрокам своими действиями. К сожалению, большинство результатов теории антагонистических игр не переносимы на общую теорию бескоалиционных игр. В частности, в бескоалиционной игре у игроков нет оптимальных стратегий, так как в разных ситуациях равновесия игроки получают разные выигрыши. Кроме того, часто возникает противоречие между Парето оптимальностью игровой ситуации, и ее равновесностью.

В общем случае при построении решения игры игроки должны договариваться о совместных действиях для получения устойчивого и предсказуемого выигрыша. Следовательно, некоторые игроки могут потребовать себе больший выигрыш за согласие принять участие в возникающей коалиции. Методы построения коалиционных игр по бескоалиционным играм можно найти в работе Петросяна [3], а решение игр с сетевой структурой можно найти в работе Луценко [4, 5].

В настоящей работе мы рассмотрим конфликтную ситуацию, в которой один игрок (центр) играет сразу с целой группой игроков (агенты). Такую конфликтную ситуацию удастся свести к антагонистической игре центра против всей совокупности агентов (агентства). Таким образом, мы получаем, что независимые агенты для получения устойчивого выигрыша интуитивно объединяются в коалицию, действующую против центра. Следовательно, центр должен вести себя так, как будто он участвует в антагонистической игре против агентов. В результате мы сможем свести решение бескоалиционной игры к решению антагонистической игры [6-10].

Другой пример касается -канальной системы обслуживания, в которой должны быть обслужены  $n$  клиентов (игроков). Игроки независимо друг от друга выбирают каналы обслуживания, а выигрыши игроков определяются максимальным временем загрузки системы.

В этой игре существует несколько ситуаций равновесия, причем выигрыши игроков существенно зависят от того, какая ситуация равновесия возникла. Таким образом, для снижения максимального времени загрузки системы игроки должны объединяться в коалиции, а центр должен создавать инструменты воздействия на игроков и возникающие коалиции.

**Бескоалиционная игра.** Построение моделей конфликтных ситуаций мы начнем с определения бескоалиционной игры и ситуаций равновесия в ней.

**Определение.** Бескоалиционной игрой  $n$  лиц называется упорядоченный набор  $\Gamma = \langle N, \{X_k\}, \{h_k\} \rangle$ , в котором  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  - множество игроков,  $X_k$  - множество стратегий игрока  $k$ ,  $h_k$  - его функция выигрыша игрока ( $k = \overline{1, n}$ ). Ситуацией (профилем) в бескоалиционной игре называется упорядоченный набор стратегий  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , где  $x_1, x_2, \dots, x_n$  - стратегии, выбранные игроками из соответствующих множеств.

Игроки в бескоалиционной игре  $\Gamma$  независимо друг от друга выбирают стратегии, каждый из своего множества стратегий. В результате игрок  $k$  получает выигрыш  $h_k(x)$  в соответствии со сложившейся ситуацией  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

**Определение.** Ситуацией равновесия в бескоалиционной игре  $n$  лиц  $\Gamma = \langle N, \{X_k\}, \{h_k\} \rangle$  называется ситуация  $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ , в которой ни одному из игроков не выгодно отклоняться от своей стратегии.

Таким образом, ситуация равновесия  $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$  определяется системой неравенств:

$$h_k(x^*) \geq h_k(x_{-k}^*, x_k), \quad (*)$$

где через  $(x_{-k}^*, x_k)$  обозначена ситуация, в которой компонента  $x_k^*$  в профиле  $x^*$  заменена на стратегию  $x_k$ .

Если в бескоалиционной игре  $\Gamma$  есть ситуация равновесия  $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)$ , то игроки до начала игры могут договориться о том, что они выберут стратегии в соответствии с этой ситуацией, и тогда они получают выигрыши  $h_k(x^*)$ ,  $k = \overline{1, n}$ . И, несмотря на то, что они действуют независимо друг от друга, но в силу свойства (\*), они не будут отклоняться от первоначального договора.

**Определение.** Бескоалиционная игра двух лиц называется антагонистической, если выигрыш одного из игроков равен проигрышу второго. Таким образом, антагонистическая игра это тройка  $\Gamma = \langle X_1, X_2, h \rangle$ ,

в которой  $X_1$  - множество стратегий игрока 1,  $X_2$  - множество стратегий игрока 2, а  $h$  – функция выигрыша игрока 1 и проигрыша игрока 2.

В этой игре два игрока независимо друг от друга выбирают стратегии из своего множества стратегий  $x_1 \in X_1$ ,  $x_2 \in X_2$ . В результате игрок 1 получает у второго игрока выигрыш  $h(x_1, x_2)$ .

Ситуация  $x^* = (x_1^*, x_2^*)$  будет ситуацией равновесия в антагонистической игре  $\Gamma = \langle X_1, X_2, h \rangle$ , если для любых стратегий  $x_1 \in X_1$ ,  $x_2 \in X_2$  выполняются неравенства:

$$h(x_1, x_2^*) \leq h(x_1^*, x_2^*) \leq h(x_1^*, x_2).$$

Таким образом, ни одному из игроков не выгодно отклоняться от ситуации равновесия  $x^* = (x_1^*, x_2^*)$ .

Можно доказать, что в антагонистической игре игроки не должны договариваться до начала игры о том, в соответствии с какой ситуацией равновесия они должны выбирать свои стратегии. Сформулируем соответствующую теорему.

**Теорема 1.** (О прямоугольности множества ситуаций равновесия.) Пусть  $s' = (x_1', x_2')$  и  $s'' = (x_1'', x_2'')$  - две ситуации равновесия в антагонистической игре  $\Gamma = \langle X_1, X_2, h \rangle$ , тогда ситуациями равновесия будет также ситуации  $(x_1', x_2'')$ ,  $(x_1'', x_2')$ , причем выигрыши игрока 1 во всех четырех ситуациях будут равны.

Благодаря этой теореме мы можем определить оптимальные стратегии игроков и значение антагонистической игры  $\Gamma$ . Оптимальная стратегия игрока 1 - это стратегия, которая входит хотя бы в одну ситуацию равновесия. Аналогично определяется оптимальная стратегия игрока 2. Значение игры  $\Gamma$  – выигрыш игрока 1 в одной, а, следовательно, и во всех ситуациях равновесия. К сожалению, свойство прямоугольности для антагонистических игр не переносится на произвольные игры двух и более лиц. С другой стороны, существуют игры, для которых теорема 1 верна частично.

**Игра «центр против агентов».** Центр, действуя в своих интересах, проводит одно из возможных мероприятий сразу на  $n$  игровых площадках. Каждый из  $n$  агентов, действуя на своей игровой площадке, принимает независимо от других агентов некоторое решение из своего множества решений. Мы предполагаем, что выигрыш каждого агента определяется лишь его стратегией и проводимым мероприятием центра, а выигрыш центра равен линейной комбинации проигрышей всех агентов. Мы покажем, что во всех ситуациях равновесия бескоалиционной игры с игроком, центр получает один и тот же выигрыш, хотя выигрыши агентов могут меняться от ситуации к ситуации.

Описанная выше конфликтная ситуация моделируется бескоалиционной игрой с  $n + 1$  игроком, в которой центр – выделенный

игрок с номером 0, и агенты – игроки с номерами от 1 до  $n$ . Обозначим через  $X_0$  множество возможных стратегий центра, через  $X_k$  множество возможных стратегий (действий)  $k$ -го агента, через  $h_k(x_0, x_k)$  выигрыш  $k$ -го агента, если центр проводит мероприятие  $x_0 \in X_0$ , а агент  $k$  принимает решение  $x_k \in X_k$ ,  $k = \overline{1, n}$ . Выигрыш центра мы считаем равным линейной комбинации проигрышей агентов с неотрицательными коэффициентами  $\alpha_k$ . Таким образом, функция выигрыша центра имеет вид:

$$h_0(x_0, x_1, x_2, \dots, x_N) = \alpha_0 - \sum_{k=1}^N \alpha_k h_k(x_0, x_k).$$

В этом представлении функции  $h_0$  коэффициенты  $\alpha_k \geq 0$  интерпретируются как степень влияния  $k$ -го игрока на центр.

В результате мы получили бескоалиционную игру  $\Gamma = \langle N_0, \{X_k\}, \{h_k\} \rangle$  с множеством игроков  $N_0 = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ , при этом выигрыш каждого ненулевого игрока имеет вид  $h_k(x_0, \bar{x}) = h_k(x_0, x_k)$ , где  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $k = \overline{1, n}$ . Выигрыш нулевого игрока складывается из проигрышей ненулевых игроков и задается формулой

$$h_0(x_0, \bar{x}) = h_0(x_0, x_1, x_2, \dots, x_N) = \alpha_0 - \sum_{k=1}^n \alpha_k h_k(x_0, x_k).$$

В дальнейшем эту игру мы будем называть игрой «все против одного», или «центр против агентов».

**Теорема 2.** (О прямоугольности множества оптимальных стратегий центра.) Предположим, что в бескоалиционной игре  $\Gamma = \langle N_0, \{X_k\}, \{h_k\} \rangle$  с множеством игроков  $N_0 = \{0, 1, 2, \dots, n\}$  есть две ситуации равновесия  $s' = (x'_0, \bar{x}')$ ,  $s'' = (x''_0, \bar{x}'') \in S = \prod_{k=1}^n X_k$ , а функции выигрыша обладают следующими свойствами:

а) выигрыш каждого игрока из множества  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  зависит лишь от стратегии этого и нулевого игроков, то есть  $h_k(x_0, \bar{x}) = h_k(x_0, x_k)$ , где  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ .

б) выигрыш нулевого игрока зависит от его стратегии и значений функций выигрышей агентов:

$$h_0(x_0, \bar{x}) = h_0(x_0, h_1, h_2, \dots, h_n),$$

причем функция  $h_0$  не возрастает по переменным  $h_1, h_2, \dots, h_n$ .

Тогда в четырех ситуациях  $s'$ ,  $s''$ ,  $(x'_0, \bar{x}'')$ ,  $(x''_0, \bar{x}')$  значения функций выигрыша центра  $h_0$  равны.

*Доказательство.* Из определений ситуаций равновесия  $s' = (x'_0, \bar{x}')$  для функций выигрыша агентов верны следующие неравенства:

$$h_k(s') = h_k(x'_0, \bar{x}') \geq h_k(x'_0, \bar{x}'' | x'_k) = h_k(x'_0, x'_k) = h_k(x'_0, \bar{x}'') \text{ при } k = \overline{1, n}. \quad (1)$$

Аналогичные неравенства можно записать для ситуации равновесия  $s'' = (x''_0, \bar{x}'')$ :

$$h_k(s'') = h_k(x_0'', \bar{x}'') \geq h_k(x_0'', \bar{x}'' | x_k') = h_k(x_0'', x_k') = h_k(x_0'', \bar{x}') \text{ при } k = \overline{1, n}. \quad (2)$$

Из определения ситуации равновесия  $s' = (x_0', \bar{x}')$  запишем неравенства для функции выигрыша центра:

$$h_0(s') = h_0(x_0', \bar{x}') = h(x_0', h_1(x_0', \bar{x}'), \dots, h_n(x_0', \bar{x}')) \geq h(x_0', h_1(x_0', \bar{x}'), \dots, h_n(x_0', \bar{x}') | x_0'') = h(x_0'', h_1(x_0'', \bar{x}''), \dots, h_n(x_0'', \bar{x}'')).$$

Из неравенств (2) и свойств функции  $h_0$  последнее выражение не превосходит величины

$$h(x_0'', h_1(x_0'', \bar{x}''), \dots, h_n(x_0'', \bar{x}'')) = h_0(s'').$$

Следовательно, для функции выигрыша центра  $h_0$  верны следующие неравенства:

$$h_0(s') \geq h_0(x_0'', \bar{x}') \geq h_0(s'').$$

Аналогично доказываются неравенства  $h_0(s'') \geq h_0(x_0', \bar{x}'') \geq h_0(s')$ . Следовательно,

$$h_0(s') = h_0(x_0'', \bar{x}') = h_0(s'') = h_0(x_0', \bar{x}'') = h_0(s').$$

**Замечание 1.** Таким образом, теорема доказана для случая более общего, чем нам необходимо, и, следовательно, верна для функции (1).

**Замечание 2.** Итак, если в рассмотренной игре  $\Gamma$  есть несколько ситуаций равновесия, то центр может отказаться от проведения переговоров с агентами. Более того, он может выбрать стратегию так, чтобы поддержать какого-либо агента. С другой стороны, агенты должны будут договориться о ситуации равновесия, которая их всех устраивает.

**Пример 1.** Центр инвестирует денежные средства в один из двух проектов. Каждый из проектов выполняют два подрядчика (агента). Каждый из проектов они могут выполнять в отличном и хорошем качестве, причем прибыль агентов при выполнении в отличном качестве больше. Потери центра равны сумме прибылей подрядчиков. Мы считаем, что все игроки выбирают свои стратегии независимо друг от друга.

Составим бескоалиционную игру трех лиц. Запишем возможные матрицы выигрышей агентов:

$$A_1 = \begin{pmatrix} 5 & 4 \\ 4 & 1 \end{pmatrix}; A_2 = \begin{pmatrix} 4 & 3 \\ 5 & 2 \end{pmatrix}.$$

В этой игре центр (игрок 0) выбирает номер строки сразу для обеих матриц (номер проекта). Агенты (игроки 1 и 2) выбирают номера столбцов каждый в своей матрице (варианты выполнения проекта). Проигрыш центра равен сумме выигрышей агентов. В этой игре существует две ситуации равновесия:  $s' = (1; 1; 1)$ ,  $s'' = (2; 1; 1)$ . В этих ситуациях выигрыш центра равен  $(-9)$ . Выигрыши агентов равны 5 и 4 для ситуации  $s'$ ; 4 и 5 для

ситуации  $s''$ . Таким образом, выигрыши агентов различны в разных ситуациях равновесия, а центр может выбирать какому агенту достанется больший выигрыш.

**Определение.** Антагонистическая игра  $\Gamma_a = \langle X_0, X, h \rangle$  называется игрой «центр против агентства», если она построена по некоторой игре «центр против агентов»  $\Gamma = \langle N_0, \{X_k\}, \{h_k\} \rangle$  с множеством игроков  $N_0 = \{0, 1, 2, \dots, n\}$ , причем множество стратегий игрока 1 (центра) совпадает с множеством стратегий нулевого игрока игры  $\Gamma$ , а множество стратегий игрока 2 (агентства) совпадает с множеством стратегий агентов игры  $\Gamma$ , то есть с множеством  $X = \prod_{k=1}^n X_k$ . Функция выигрыша  $h$  есть функция выигрыша нулевого игрока  $h_0$  в игре  $\Gamma$ .

В описанной выше игре можно считать, что все агенты играют против центра.

Итак, мы имеем два «крайних» случая кооперации агентов.

1. Агенты выступают совместно, объединившись в ассоциацию. Выигрыш ассоциации складывается из выигрышей всех агентов, который в дальнейшем делится между ними. В этом случае конфликтная ситуация моделируется антагонистической игрой  $\Gamma_a = \langle X_0, \prod_{k=1}^n X_k, h_0 \rangle$  между организацией и ассоциацией агентов с функцией выигрыша  $h_0(x_0, \bar{x})$ , где  $x_0$  – стратегия организации, а  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  – стратегия ассоциации.

2. Во втором случае каждый из  $n$  агентов, не имея информации о проводимых мероприятиях и действиях других агентов, выбирает одно из возможных действий. В этом случае мы имеем классическую бескоалиционную игру с  $n + 1$  игроком  $\Gamma = \langle N_0, \{X_k\}, \{h_k\} \rangle$ , для которой мы будем искать ситуации равновесия.

**Теорема 3.** Предположим, что в бескоалиционной игре «агенты против центра»  $\Gamma = \langle N_0, \{X_k\}, \{h_k\} \rangle$  с функцией выигрыша центра

$$h_0(x_0, \bar{x}) = h_0(x_0, x_1, x_2, \dots, x_n) = \alpha_0 - \sum_{k=1}^n \alpha_k h_k(x_0, x_k)$$

существует ситуация равновесия  $s' = (x'_0, \bar{x}')$ , то она будет ситуацией равновесия в сопряженной антагонистической игре  $\Gamma_a = \langle X_0, \prod_{k=1}^n X_k, h_0 \rangle$ .

Если пара  $s' = (x'_0, \bar{x}')$  ситуация равновесия в игре  $\Gamma_a = \langle X_0, \prod_{k=1}^n X_k, h_0 \rangle$ , то она составляет ситуацию равновесия в бескоалиционной игре  $\Gamma = \langle N_0, \{X_k\}, \{h_k\} \rangle$

*Доказательство.* Пусть  $s' = (x'_0, \bar{x}')$  – ситуация равновесия в бескоалиционной игре  $\Gamma$ , в которой  $\bar{x}' = (x'_1, x'_2, \dots, x'_n)$ .

$$h_0(x'_0, \bar{x}') \geq h_0(x_0, \bar{x}') \text{ при всех } x_0 \in X_0.$$

С другой стороны, обозначим через  $\bar{x} = (x_1, x_2, \dots, x_n)$  произвольный набор стратегий агентов, тогда

$$h_k(x'_0, \bar{x}') \geq h_k(x'_0, \bar{x}) = h_k(x'_0, x_k) \text{ при } k = \overline{1, n}.$$

Следовательно,

$$\sum_{k=1}^n \alpha_k h_k(x'_0, x'_k) \geq \sum_{k=1}^n \alpha_k h_k(x'_0, x_k) \text{ при } \alpha_k \geq 0.$$

И поэтому

$$h_0(x'_0, \bar{x}') = \alpha_0 - \sum_{k=1}^n \alpha_k h_k(x'_0, x'_k) \leq \alpha_0 - \sum_{k=1}^n \alpha_k h_k(x'_0, x_k) = h_0(x'_0, \bar{x}).$$

Таким образом, пара  $s' = (x'_0, \bar{x}')$  составляет седловую точку игры  $\Gamma_a$ :

$$h_0(x'_0, \bar{x}') \leq h_0(x'_0, \bar{x}') \leq h_0(x'_0, \bar{x}).$$

Обратно, пусть теперь  $s' = (x'_0, \bar{x}')$  – ситуация равновесия в антагонистической игре  $\Gamma_a$ . Проверим условия равновесия для всех игроков. Для игрока с номером ноль (центра) оно очевидно. Проверим неравенства для агентов.

Зафиксируем номер  $k$  и рассмотрим набор стратегий  $\bar{x} = (\bar{x}'_{-k}, x_k)$ . Для этого набора выполняется неравенство

$$0 \leq h_0(x'_0, \bar{x}) - h_0(x'_0, \bar{x}') = -\alpha_k h_k(x'_0, x_k) + \alpha_k h_k(x'_0, x'_k).$$

Следовательно, для всех  $k$  выполняются неравенства  $h_k(x'_0, x'_k) \geq h_k(x'_0, x_k)$  и ситуация  $s' = (x'_0, \bar{x}')$  будет ситуацией равновесия в бескоалиционной игре  $\Gamma$ .

**Обработка заявок сервером.** Рассмотрим  $m$ -канальную систему обслуживания, в которой должны быть обслужены  $n$  клиентов (игроков). Обозначим через  $M = \{1, 2, \dots, m\}$  множество каналов обслуживания, а через  $N = \{1, 2, \dots, n\}$  – множество обслуживаемых игроков. Обозначим через  $t_i^j$  время обслуживания  $j$ -го игрока на  $i$ -м канале, а через  $N_i$  – множество игроков, выбравших канал  $i$ . Тогда время занятости канала  $i$  составит

$$\sum_{j \in N_i} t_i^j,$$

а время нахождения игроков в системе равно

$$T(N_1, N_2, \dots, N_m) = \max_{i \in M} \sum_{j \in N_i} t_i^j.$$

Построим теперь бескоалиционную игру  $n$  лиц. В этой игре игроки независимо друг от друга выбирают каналы обслуживания из множества  $M$ . Выигрыши игроков можно определять по-разному. В простейшем случае их можно считать равными выигрышу во времени по сравнению с наихудшим возможным вариантом, то есть выигрыш каждого игрока равен

$$h_j(\bar{v}) = T - T(N_1, N_2, \dots, N_m),$$

где  $\bar{i} = (i_1, i_2, \dots, i_n)$  - вектор выбора каналов игроками, а  $T$  - максимально возможное время их занятости.

При решении бескоалиционных игр принято искать ситуации равновесия. Считается, что игроки до начала игры договариваются о том, какую ситуацию равновесия следует выбрать игрокам. Однако не все ситуации равновесия оказываются наилучшими для игроков.

**Пример 2.** Рассмотрим систему из  $m = 2$  каналов. Мы будем считать, что система должна обслужить  $n = 4$  игрока, причем продолжительности обслуживания каждого игрока не зависят от номера канала и составляют:

$$t^1 = 3, t^2 = 3, t^3 = 4, t^4 = 4.$$

Легко найти распределение игроков по каналам, при котором время загрузки будет минимально. Оно достигается, например, при  $N_1^* = \{1; 3\}$ ,  $N_2^* = \{2; 4\}$  и равно

$$\min_{N_1, N_2} T(N_1, N_2) = T(N_1^*, N_2^*) = 7.$$

Очевидно, что предлагаемый профиль распределения игроков составляет ситуации равновесия. Следовательно, если игроки до начала игры договорятся об указанном выше выборе каналов, то ни одному из игроков не будет выгодно отклониться от этого распределения.

С другой стороны, в описанной выше игре есть и другие ситуации (профили) равновесия. А именно, разбиение  $N_1 = \{1; 2\}$ ,  $N_2 = \{3; 4\}$  приводит к общему времени занятости системы  $T(N_1, N_2) = 8$ , и соответствующий набор стратегий  $\bar{i} = (1; 1; 2; 2)$  составляют ситуацию равновесия в бескоалиционной игре.

Приведенный пример говорит о том, что игроки перед тем, как выбрать канал обслуживания должны не только договориться, но и, возможно, создать некоторые коалиции для совместного отстаивания своих интересов.

### Список литературы

1. Гермейер Ю.Б. Игры с не противоположными интересами. – М.: Наука, 1976.
2. Луценко М.М., Дёмин А.М., Теория игр, Санкт-Петербург, ПГУПС, 2018.
3. Петросян Л.А., Зенкевич Н.А., Шевкопляс Е.В. Теория игр. Учебник, СПб.: БХВ-Петербург, 2012, 432 с.
4. Демин А.М., Луценко М.М., О "справедливом" разделе дохода (платежа) между агентами, В сборнике: Управление рисками в экономике: проблемы и решения. Труды III научно-практической конференции с международным участием. Под редакцией С.Г. Опарина. 2017. С. 131-135.
5. Луценко М.М., Дёмин А.М., Справедливые дележи общего дохода в кооперативных играх, Интеллектуальные технологии на транспорте. 2019. № 2 (18). С. 5-9.
6. Луценко М.М., Дёмин А.М., О подходе к моделированию взаимодействия сервера и клиентов, В сборнике: IV Бетанкуровский международный инженерный форум, электронный сборник трудов, ответственные за выпуск: О.В. Гимазетдинова, М.С. Панова. 2022. С. 241-244.

7. Lutsenko M.M., Partial sum of matrix games, В книге: International Meeting on Game Theory. 2019. С. 67.
8. Луценко М.М., Бескоалиционная игра «агенты против центра», в сборнике: IX Московская международная конференция по исследованию операций (ORM2018). Труды. 2018. С. 414-419.
9. Lutsenko M.M., The Agents against the Center, В книге: Game Theory And Management. Abstracts of the Eleventh International Conference. 2017. С. 108-110.
10. Луценко М.М., Об оптимальном взаимодействии агентов с центром, В сборнике: Профессиональное образование, наука и инновации в XXI веке. Сборник трудов XI Санкт-Петербургского конгресса. 2017. С. 175-176.

**Афонин П.Н.<sup>1</sup>, Косач Г.А.<sup>2,3</sup>, Косач С.А.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский филиал Российской таможенной академии

<sup>2</sup> Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова

<sup>3</sup> Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

## **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ РЕНТГЕНОВСКИЕ СИСТЕМЫ: ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ РОЛЬ В ОБУЧЕНИИ ДЛЯ ТОЧНОЙ ДИАГНОСТИКИ**

**Аннотация.** В статье представлена тренировочная программа, спроектированная для применения в рентгеновской диагностике и обучении сотрудников на контрольных пунктах. Эта программа дает возможность запускать рентгеновские изображения и использовать различные фильтры для выявления объектов интереса. Она активно используется для профессиональной подготовки сотрудников, повышения качества их работы, а также предоставляет потенциал для внедрения машинного обучения с целью автоматизации процессов и классификации данных.

**Ключевые слова:** рентгеновская диагностика, тренажерная программа, машинное обучение, досмотровые пункты, классификация данных, оптимизация работы персонала

**Afonin P.N.<sup>1</sup>, Kosach G.A.<sup>2,3</sup>, Kosach S.A.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> St. Petersburg branch of the Russian Customs Academy

<sup>2</sup> Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University

<sup>3</sup> Saint Petersburg Electrotechnical University

## **INTELLIGENT X-RAY SYSTEMS: DIGITAL TECHNOLOGIES AND THEIR ROLE IN TRAINING FOR ACCURATE DIAGNOSIS**

**Abstract.** This article introduces a simulation program created for X-ray diagnostics and personnel training at screening checkpoints. The program enables the execution of X-ray images and the application of diverse filters to identify objects of interest. It is extensively utilized for staff training and skill enhancement, enhancing work quality, and offers the possibility of implementing machine learning for process automation and data categorization.

**Keywords:** X-ray diagnostics, simulator program, machine learning, screening points, data classification, staff optimization

**Введение.** В наше время таможенные инспекции играют важную роль в обеспечении безопасности и соблюдении таможенных норм. Однако с изменяющейся мировой обстановкой и активным использованием машинного обучения и компьютерного зрения встают вопросы об эффективности и точности таможенных проверок [1, 2]. Рост объемов перевозимых товаров требует более быстрой и точной диагностики [3]. Старые методы рентгеновской диагностики требуют современной

модернизации, чтобы соответствовать современным стандартам безопасности и эффективности [4].

Главной целью нашего исследования является обоснование важности перехода к использованию цифровых технологий в рентгеновской диагностике, с акцентом на увеличении эффективности работы таможенных досмотровых пунктов. Мы представляем как теоретические, так и практические аспекты внедрения инновационной программы, специально разработанной для цифровой рентгеновской диагностики и профессионального обучения. В условиях быстро изменяющегося глобального контекста и широкого распространения машинного обучения и компьютерного зрения, наша программа становится более актуальной, чем когда-либо [5, 6]. Эффективность и точность работы таможенных досмотровых пунктов выступают важными факторами как для обеспечения безопасности, так и для оптимизации бизнес-процессов.

**Описание программы.** Для решения текущих задач в области таможенного контроля и с целью улучшения безопасности и эффективности работы, мы внедряем новаторскую программу. Эта разработка создана с использованием языка программирования Python и базируется на библиотеке OpenCV, обеспечивая функциональность для анализа рентгеновских снимков и принятия решений, основанных на обработке изображений.

Программа обладает рядом основных функциональных возможностей:

– загрузка рентгеновских снимков. Пользователи имеют возможность импортировать рентгеновские изображения в приложение с целью проведения более подробного анализа;

– применение фильтров. Для обнаружения объектов интереса, пользователи могут использовать различные фильтры, такие как металлические и органические фильтры. Кроме того, доступна функция преобразования изображений в оттенки серого и создания негативных изображений.

**Интерфейс программы.** Мы стремимся к созданию пользовательского интерфейса, который будет не только удобным, но и интуитивно понятным. Для визуализации и анализа рентгеновских снимков, мы предоставляем следующие элементы в интерфейсе (рис. 1).

**Металлический фильтр.** При использовании металлического фильтра, программный код действует следующим образом: он определяет диапазоны цветовых значений в HSV-формате, которые соответствуют металлическим элементам. В данном случае, мы задаем диапазон от `lower_blue` до `upper_blue` и от `lower_black` до `upper_black`.

Программа выполняет преобразование изображения в формат HSV и создает две маски: одну для синих оттенков и вторую для черных оттенков. Это осуществляется с использованием функции `cv2.inRange`, которая выделяет пиксели, попадающие в установленные цветовые диапазоны. Затем

маски объединяются в одну, чтобы выделить металлические объекты на изображении (рис. 2).

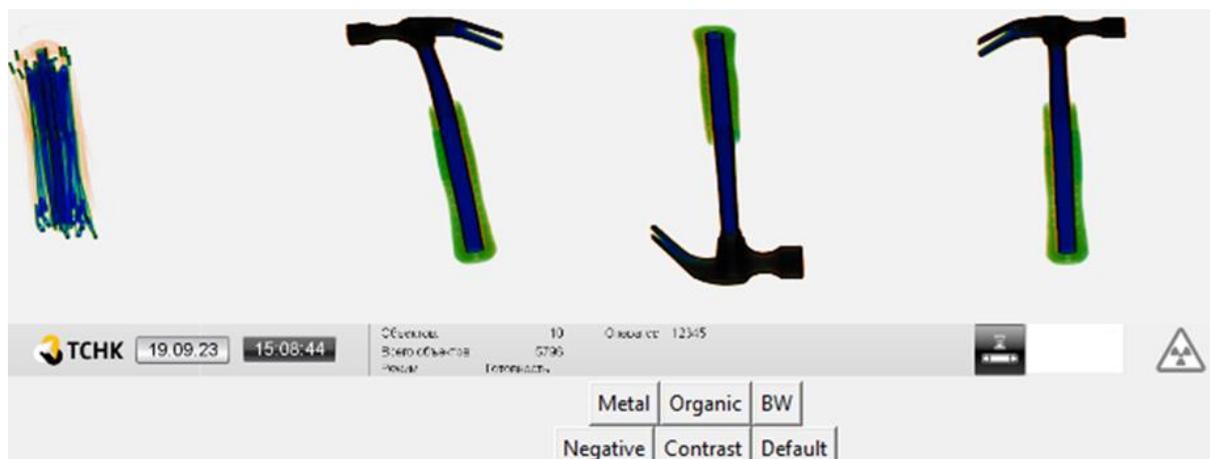


Рис. 1. Интерфейс программы-просмотрщика рентгенограмм без включенных фильтров

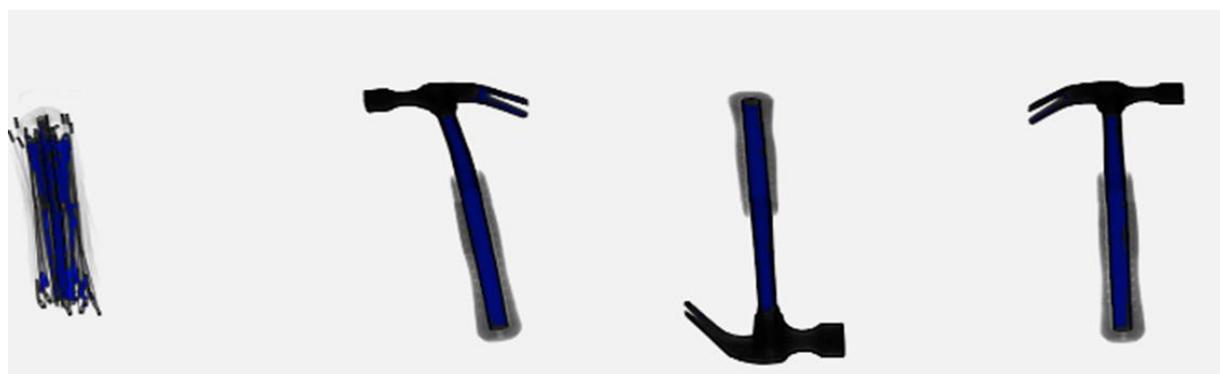


Рис. 2. Фильтр металлических объектов

Для сохранения деталей и контрастности, программа также применяет черно-белый фильтр к исходному изображению и интегрирует его в область, соответствующую металлическим объектам.

**Органический фильтр.** Для органического фильтра, программный код функционирует аналогичным образом: определяются цветовые диапазоны в формате HSV, соответствующие органическим материалам. В данном случае, мы задаем диапазон от `lower_orange` до `upper_orange`.



Рис. 3. Фильтр органических объектов

Программа формирует маску для оранжевых оттенков с использованием функции `cv2.inRange`. Эта маска выделяет пиксели, соответствующие органическим объектам. Далее происходит преобразование изображения в оттенки серого, после чего оно масштабируется до размеров оригинального изображения. Затем программа вставляет это черно-белое изображение в область, соответствующую органическим объектам, с сохранением контрастности (рис. 3).

**Физические различия.** Металлические предметы и органические материалы обладают физическими различиями, которые оказывают влияние на рентгеновские снимки: металлы характеризуются более высокой электронной плотностью, что приводит к большей отражательной способности по отношению к рентгеновским лучам. Эффект этой разницы в электронной плотности на рентгеновских снимках объясняется законом Брэгга-Брентано. При проникновении рентгеновских лучей через материал, степень поглощения и рассеивания лучей зависит от электронной структуры материала и энергии рентгеновских лучей. Это позволяет различать металлические и органические объекты на снимке, основываясь на различиях в интенсивности и контрасте областей. В результате металлические предметы обычно отображаются более ярко на снимке, поскольку они отражают большее количество рентгеновских лучей. Органические материалы, напротив, имеют обычно более низкую электронную плотность и, следовательно, поглощают большую часть рентгеновских лучей, что делает их менее яркими на снимке.

**Черно-белый и негативный фильтры.** В дополнение к фильтрам для металлических и органических объектов приложение также предоставляет функционал для использования черно-белых и негативных фильтров (рис. 4).

Черно-белый фильтр удаляет цветовую информацию, оставляя только яркость и контраст объектов на снимке. Негативный фильтр, в свою очередь, инвертирует цвета, что может помочь выделить детали и раскрывать скрытые элементы.

Исходя из полученных и разработанных технологий, мы рекомендуем последовательное применение следующих алгоритмов для создания конечного продукта, который способствует автоматизации процесса и повышению его эффективности. На рисунке 5 показан набор этапов, которые выполняет оператор ДРА (Досмотр Рентгеновых Аппаратов) при ручной интерпретации рентгенограмм.

Этот алгоритм предоставляет оператору возможность выбирать различные фильтры и выделять подозрительные области для последующего анализа. Важной целью данного этапа является формирование и классификация интересующих объектов с целью их дальнейшей автоматизации.

На рисунке 6 изображена концепция автоматизированного анализа рентгенограмм с использованием разработанного программного

обеспечения. Этот алгоритм включает в себя процессы, при которых искусственный интеллект автоматически выявляет подозрительные области на рентгенограммах, что позволяет оператору проводить проверку только этих областей, сокращая временные и финансовые затраты.

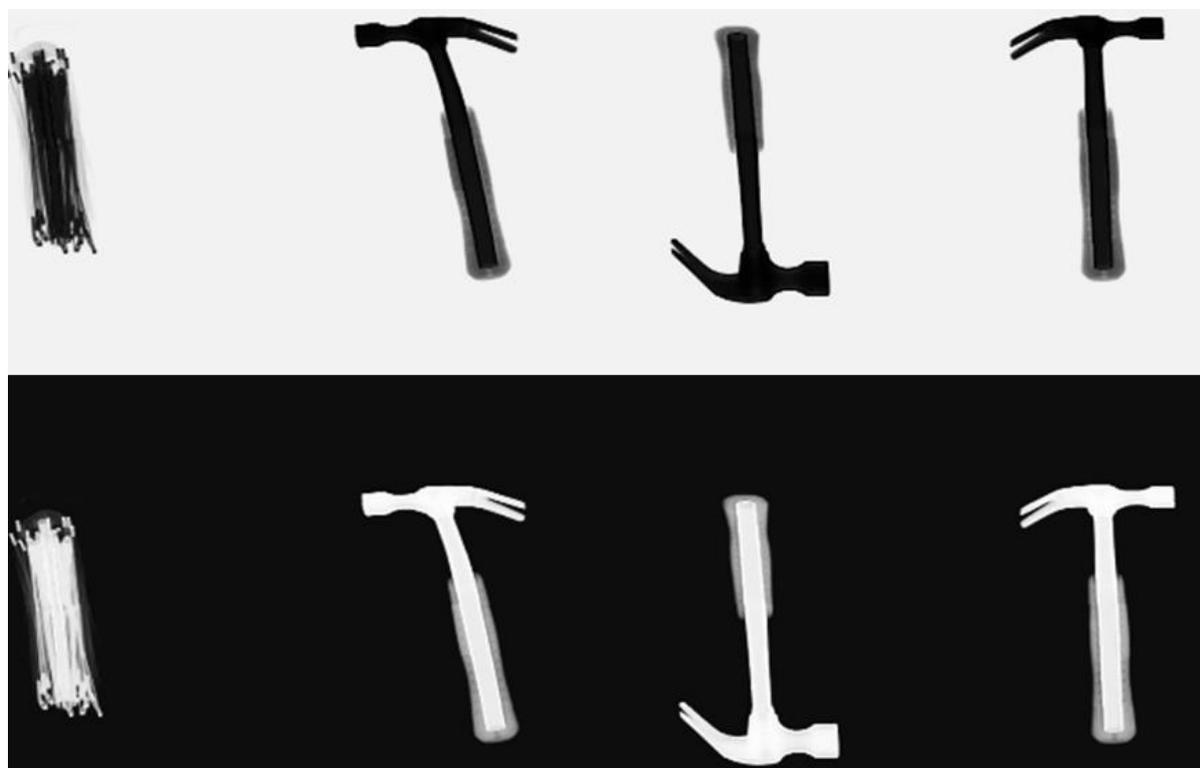


Рис. 4. Сравнение черно-белого и негативного фильтров



Рис. 5. Алгоритм ручной интерпретации рентгенограмм



Рис. 6. Алгоритм автоматизированного анализа рентгенограмм

**Заключение.** В заключение нашего исследования, мы хотим подчеркнуть, что в современном мире таможенные проверки играют важнейшую роль в обеспечении безопасности и соблюдении таможенных норм. Однако в условиях быстро меняющейся глобальной обстановки и активного внедрения машинного обучения и компьютерного зрения, вопросы эффективности и точности процессов таможенных проверок становятся все более актуальными. На основе результатов наших исследований и разработок, мы предлагаем инновационную программу, созданную с использованием современных технологий, таких как Python и библиотека OpenCV. Эта программа не только обеспечивает точный анализ рентгеновских снимков, но и позволяет принимать информированные решения на основе обработки изображений.

Наши технологические решения и алгоритмы, подробно изложенные в данной статье, направлены на улучшение бизнес-процессов в области таможенных проверок. Внедрение таких инноваций способствует оптимизации процессов, снижению временных и финансовых затрат, повышению уровня безопасности и эффективности.

#### **Список литературы**

1. Ou, X. Recent Development in X-Ray Imaging Technology: Future and Challenges. Research (Wash D C). / Ou X, Chen X, Xu X et al. // 2021 - Dec 26; 2021:9892152.
2. Rana, M. Machine learning and deep learning approach for medical image analysis: diagnosis to detection. Multimed Tools Appl. / Rana M, Bhushan M. // 2022 Dec 24:1-39.
3. Росстат, внешняя торговля. Коммерческий обмен технологиями с зарубежными странами (партнерами). Сведения об импорте технологий регионами Российской Федерации за 2019-2021 годы (млн долл.). [[https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Import\\_2019-2021.pdf](https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/Import_2019-2021.pdf)]
4. Lee, H., & Kim, S. Improving the Accuracy of X-ray Inspection through Deep Learning Algorithms. International Journal of Computer Vision, 50(3), 2022, 295-312.
5. Lee, D. GPU-accelerated 3D volumetric X-ray-induced acoustic computed tomography. Biomed Opt Express. / Lee D, Park EY, Choi S // 2020 Jan 13;11(2):752-761.
6. Lee, M.-F.R., Chen, Y.-C. Artificial Intelligence Based Object Detection and Tracking for a Small Underwater Robot. Processes 2023, 11, 312.

УДК 004.942

**Большаков М.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> ООО «Группа Компаний ИМСАТ»

## **МОДЕЛЬНЫЙ СИНТЕЗ СИСТЕМ ПРОАКТИВНОГО МОНИТОРИНГА СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы автоматического синтеза моделей машинного обучения в форме композиции связанных алгоритмов с целью заблаговременного выявления и классификации типов инцидентов или угрожающих состояний для систем мониторинга. Предлагаемый подход основан на сочетании технологий перевода исходного набора параметров в пространство пониженной размерности и алгоритмов классификации состояний системы, размеченных в автоматическом режиме на основе исторических данных.

**Ключевые слова:** проактивный мониторинг, прогнозирование состояний, машинное обучение, синтез моделей

**Bolshakov M.A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> IMSAT Group of Companies LLC

## **MODEL SYNTHESIS OF SYSTEMS FOR PROACTIVE MONITORING OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS BASED ON INTELLIGENT TECHNOLOGIES**

**Abstract.** The article discusses the issues of automatic synthesis of machine learning models in the form of a composition of coherent algorithms for the purpose of early identification and classification of types of incidents or threatening conditions in monitoring systems. The proposed approach is based on a combination of technologies for converting the original set of parameters into a low-dimensional space and algorithms for classifying system states, labeled automatically based on historical data.

**Keywords:** proactive monitoring, condition prediction, machine learning, synthesis of models

**Введение.** Концепция проактивного мониторинга связана с процессом непрерывного контроля состояния системы и упреждающего управления рисками возникновения нежелательных для работы технической системы ситуаций. Термин «проактивный мониторинг» в научной и технической литературе появляется в конце 1990-х годов [1], а сама концепция применительно к различным техническим системам начинает активно развиваться с начала 2000-х годов, что в первую очередь можно связать с широким внедрением средств цифровизации. В основе большинства систем проактивного мониторинга лежит отслеживание пороговых значений метрик, сформированных на основе мгновенного среза или накопленного набора характеристик объекта мониторинга. Примером такой метрики может

быть «нагрузка на диск в течение одного часа», а в качестве порогового может быть выбрано значение 95%. В случае превышения порогового значения система мониторинга генерирует сообщение о возможном инциденте в системе. Другой интерпретацией превышения порогового значения может быть приближение к инциденту или наличие серьезного риска наступления инцидента при текущих параметрах системы. У данного подхода существует ряд недостатков. Во-первых, статичные пороговые значения метрик не являются универсальным условием риска возникновения инцидентов в условиях разнообразия состояний объекта мониторинга. Например, для указанного примера превышение порогового значения не всегда является объективным признаком наличия проблемы в системе. В период активного использования в дневное время высокое значение нагрузки на систему хранения может быть нормальным, а в ночное время с большой вероятностью является признаком аномального состояния системы, свидетельствующим о возможных проблемах с оборудованием, программным обеспечением или связано с аномальным поведением пользователей. Второй момент связан с тем, что риск возникновения инцидента часто связан с выходом за границы одновременно нескольких параметров, по каждому из которых должны быть установлены пороговые значения, исходя из типа инцидента. Данный факт порождает комбинаторную неопределенность, так как под разные типы инцидентов нужно подбирать свои пороговые значения для каждой метрики, что значительно усложняет задачу. Кроме того, существует и общая проблема выбора самих пороговых значений. На практике значения порогов устанавливаются по контрольным замерам [2], либо экспертно, либо в соответствии с технической спецификацией оборудования. В некоторых случаях установка пороговых значений вообще не имеет теоретического или практического обоснования, что может быть характерно, например, для новых технических систем, не имеющих прямых аналогов. Выбор пороговых значений оказывает значительное влияние на эффективность работы системы мониторинга, так как слишком низкие значения могут приводить к ложным срабатываниям, а слишком высокие – к пропуску угрожающих состояний. Одним из решений данной проблемы является периодическое обновление значений статических порогов на основе полученного опыта и/или на основе мнений экспертов. Минусом данного подхода является отсутствие эффекта памяти, при котором обновленное значение, по сути, основано на удачном или неудачном опыте применения порогового значения на предыдущем цикле эксплуатации, а выбор новых уровней не имеет строгой формализации или обоснования. Другим вариантом решения может быть выбор в пользу так называемых «динамических порогов», предлагаемых в работе [3]. Динамические пороги позволяют решить проблему кастомизации пороговых значений под различные типы инцидентов, однако выбор конкретных значений усложняется в еще большей

степени, так как необходимо определить множество, а не одно значение с учетом различных типов инцидентов. На практике такой подход выглядит малореализуемым, так как количество одновременно отслеживаемых параметров в современных системах может составлять десятки и даже сотни. По этой причине предлагается обучать систему автоматически распознавать наличие риска инцидента на основе накопленного опыта. Наибольшее развитие такие методы получили в области предиктивного обслуживания оборудования (predictive maintenance) и преимущественно относятся к области машинного обучения [4, 5], однако и они имеют свои ограничения. Во многих системах мониторинга состояние отслеживаемого объекта не обязательно деградирует, как в случае с оборудованием, но может по естественным причинам приходиться в норму, например, в случае снижения нагрузки на ИТ-сервис после пика, что требует анализа результатов применения моделей в динамике. По факту, естественная изменчивость объекта мониторинга порождает сложности с разметкой данных для применения методов машинного обучения с учителем, так как поведение системы с близкими к критическим условиям функционирования состояниями часто не попадает в обучающую выборку, так как инцидент при этих условиях не фиксировался. В случаях с оборудованием такая ситуация менее вероятна, так как деградирующая или вышедшая из состояния нормальной работы система будет и дальше продолжать деградировать, если не применялись профилактические методы планового обслуживания. Если обобщать применение интеллектуальных методов в системах мониторинга, то, помимо явного определения пороговых значений, например, в форме деревьев решений, можно выделить еще три подхода:

1. Отслеживаемые метрики естественным образом представляют собой временные ряды, что позволяет применять соответствующие методы прогнозирования на несколько шагов вперед, начиная с обычных авторегрессий и заканчивая специализированными библиотеками, такими как prophet и рекуррентными нейронными сетями [6]. Данный подход, очевидно, помогает заранее спрогнозировать достижение системой критических порогов для метрик; однако не решает проблему выбора значений для порогов.

2. Классификация состояния системы на основе среза (snapshot) текущих значений отслеживаемых параметров. В данном случае критически важно создать хорошую обучающую выборку, в которой каждый набор параметров помечается как «нормальное состояние системы» или «X периодов времени до возникновения инцидента». Плюсом такого подхода является возможность нахождения уникальных сочетаний параметров системы, которые по отдельности не превышают пороговых значений. Сложности в данном случае могут возникнуть в двух аспектах: 1) сбор, достаточно большой по размеру выборки, может занять значительное время, в течение которого система мониторинга должна функционировать на

других принципах, что само по себе может препятствовать сбору данных об инцидентах; 2) собранная выборка может быть очень сильно несбалансированной, так как режимов, характеризуемых как «нормальное состояние системы», очевидно, будет собрано гораздо больше (возможно даже на несколько порядков), чем аварийных или предаварийных состояний.

3. Представление параметров системы в пространстве пониженной размерности (латентное представление). Преимуществами данного подхода являются: 1) отсутствие необходимости в разметке исходных данных; 2) возможность интерпретации параметров мониторинга при разложении и удачном позиционировании срезов параметров на двухмерной плоскости [7]; 3) методы классификации в пространстве пониженной размерности могут работать значительно эффективнее (как по точности, так и по скорости), чем в пространстве исходных параметров [8, 9]. Среди главных минусов такого подхода можно выделить сложность подбора соответствующих методов, так как методику выбора методов снижения размерности и их параметров можно охарактеризовать как сложно формализуемую, ввиду отсутствия четких метрик качества разложения.

**Автоматический синтез моделей для систем проактивного мониторинга.** Предлагаемый подход основывается на автоматическом подборе: 1) методов предобработки данных; 2) методов представления параметров системы в пространстве пониженной размерности; 3) методов классификации для превентивного выявления угрожающих состояний. Блок-схема алгоритма автоматического синтеза моделей для систем проактивного мониторинга приведена на рисунке 1. На вход алгоритм получает «сырые» логи из системы мониторинга, которые в общем случае могут быть неразмеченными. Различные параметры мониторинга могут иметь различные временные метки, поэтому на первом этапе (шаг 1) проводится выравнивание значений по времени. Для этого хорошо подходят методы одномерной интерполяции на основе кубических сплайнов, метода Акимы и другие подобные методы. Метод с наименьшей ошибкой (метрика MSE или MAPE) выбирается для итогового применения к данным. Далее, на шаге 2 производится заполнение пропусков и удаление выбросов. Для параметров, имеющих вещественный тип данных, заполнение пропусков может производиться как с помощью интерполяции значений во временном ряде в случае пропуска небольшого количества значений, так и при помощи специализированных алгоритмов (например, `IterativeImputer` или `KNNImputer`) на основе значений других параметров в тот же момент времени. Для дискретных или категориальных параметров необходимо использовать только второй подход. Отсечение выбросов следует производить по строгим критериям, так как часть таких данных может быть действительно признаком сбоев в системе, а не выбросом, связанным со сбоем системы мониторинга или системы сбора или хранения данных. На выходе формируется набор данных (датасет), готовый для применения

моделей машинного обучения. На шаге 3 производится создание синтетических выборок со свойствами, эквивалентными исходной выборке. Наиболее подходящими для этого являются методы на основе бутстрапирования, так как данный подход не подразумевает генерации новых элементов выборки, является вычислительно эффективным и позволяет получать оценки требуемых статистических характеристик рассматриваемого параметра в интервальной форме. В случае наличия в данных разметки на этапе генерации синтетических выборок можно также выполнить выравнивание данных по классам, так как инциденты по своему смыслу являются редкими событиями. Наиболее популярными методами данного класса являются ROS и SMOTE. На шаге 4 осуществляется подбор наиболее эффективного метода снижения размерности. Сложность этого этапа заключается в нескольких аспектах.

1. Существует довольно большое количество методов снижения размерности (методы дискриминантного анализа, метод главных компонент, латентное размещение Дирихле, неотрицательная матричная факторизация, сингулярное разложение и другие), среди которых нет очевидного лидера по эффективности.

2. Все методы в случае обработки больших данных являются вычислительно трудоемкими, поэтому необходимо искать пути снижения объема вычислений.

3. Отсутствие ясного критерия качества разложения.

4. Все методы имеют гиперпараметры, которые также следует подбирать в ходе автоматического выбора наиболее подходящего метода.

Предлагаемый подход заключается в параллельном запуске конкурирующих между собой методов, которые по заданной метрике стремятся достичь наиболее высоких значений с постепенным отсечением наименее эффективных вариантов. Данная задача усложняется тем, что в силу случайного характера исходной выборки любая оценка метрики качества также является случайной величиной, поэтому для надежного сравнения методов между собой необходимо применять методы сравнения выборок, состоящих из значений метрик качества разложения. Для оценки качества разложения хорошо подходят популярные алгоритмы машинного обучения, такие как метод ближайших соседей (KNN) или метод опорных векторов (SVM). Данные в пространстве пониженной размерности образуют «облака точек», которые могут быть ассоциированы с различными классами исходной выборки. При снижении числа компонентов до двух возможен визуальный анализ результатов разложения, что позволяет объяснить работу алгоритма. В общем случае количество компонентов можно снижать до того уровня, пока качество классификации в пространстве пониженной размерности продолжает повышаться. В качестве метрики качества классификации наиболее логичным видится использование метрики F1. При сравнении выборок

метрик качества разложения между собой, можно использовать разные стратегии, начиная с классических параметрических (t-критерий Стьюдента) и непараметрических (U-критерий Манна-Уитни) тестов, и заканчивая специализированными оценками на основе доли случаев, в которых один из методов превосходит другой по заданной метрике на одинаковых наборах данных. Еще одной альтернативой может быть оценка степени пересечения интервалов между нижней и верхней квантилями распределения метрик. Постепенное отсеечение менее эффективных алгоритмов обеспечивает снижение общего количества вычислений. В случае очевидного лидирующего варианта метода данная часть алгоритма может завершиться за одну итерацию, однако данный сценарий рассматривается как маловероятный, так как методы достаточно чувствительны к гиперпараметрам и нахождение варианта-лидера потребует в большинстве случаев несколько итераций. По результатам работы алгоритма формируется наиболее эффективная модель разложения данных, которая может быть применена к новым наборам данных, которые поступают от системы мониторинга. Последнее требование накладывает определенные ограничения на класс применяемых методов, так как к новым данным возможно применять только методы индуктивного обучения, т.е. методы, имеющую функцию прямого (transform) и обратного (inverse\_transform) преобразования в пространство исходных параметров, а эффективные методы трансдуктивного обучения (например t-SNE) для целей формирования модели не подходят, так как с их помощью можно выполнять только разовые преобразования данных без формирования модели, применимой к новым данным без переобучения на всех данных. На шаге 5 работы алгоритма производится автоматическое формирование целевых признаков для предаварийных состояний на синтетических наборах данных, полученных на шаге 2. Как показывает практика, сведение задачи регрессии (время до наступления инцидента) к задаче классификации (текущее состояние характеризуется как «угрожающее», но еще не аварийное) является достаточно эффективным подходом, который проще поддается автоматизации [10]. Разметка предаварийных состояний в данном случае является дополнением к разметке состояний, когда аварийное состояние уже наступило. Близость предаварийных состояний к аварийным существенно проще оценивать в пространстве пониженной размерности, так как его компоненты уже являются нормированными и нет необходимости в дополнительных преобразованиях данных. Шаг 6 во многом эквивалентен шагу 4 с тем лишь отличием, что метрики качества для задачи классификации являются хорошо формализованными. Потенциальная сложность шага 6 заключается в большом количестве классификационных методов, которые потенциально применимы к решаемой задаче, однако на практике для табличных данных, к которым относятся, в том числе, и данные мониторинга, наибольшую эффективность

показывают ансамблевые алгоритмы над решающими деревьями, чаще всего различные варианты бустинга (XGBoost, CatBoost и др.).

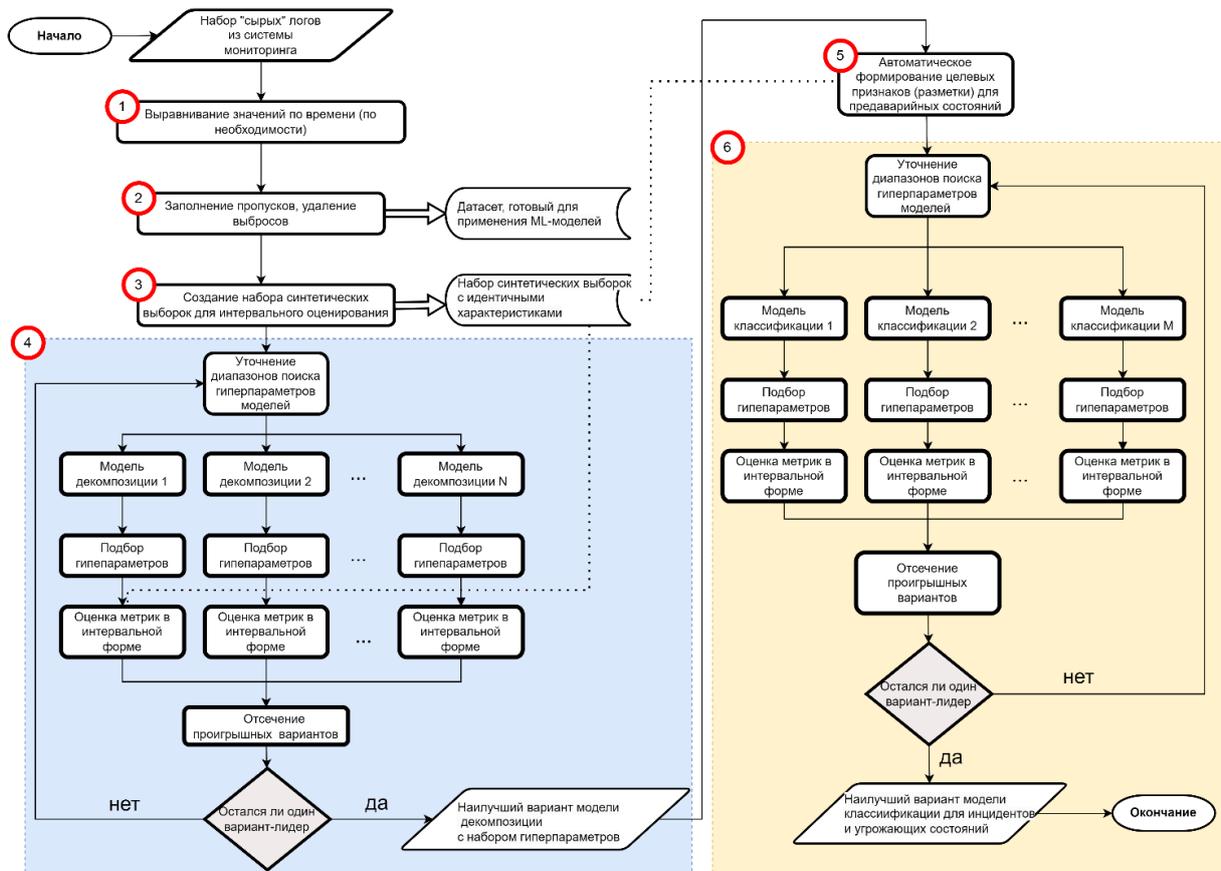


Рис. 1. Блок-схема алгоритма автоматического синтеза моделей для систем проактивного мониторинга

В результате работы алгоритма синтезируются две связанных модели (снижения размерности и классификации) с набором оптимальных гиперпараметров, которые совместно позволяют выявлять предаварийные состояния с разной степенью заблаговременности, тем самым обеспечивая функции проактивности в задачах мониторинга.

**Заключение.** В настоящее время системы проактивного мониторинга используют богатый набор технологий, начиная с относительно простых подходов на основе пороговых значений и заканчивая сложными методами имитационного моделирования и прогнозирования. Среди общих проблем построения эффективных систем проактивного мониторинга можно выделить сложность обоснования и, в некоторых случаях, отсутствие формализованного базиса при выборе пороговых значений с одной стороны, и высокие требования к квалификации исполнителей при использовании более сложных прогностических моделей с другой. По результатам анализа сформулирован метод и алгоритм на его основе, сочетающий технологии перевода исходного набора параметров в пространство пониженной размерности и алгоритмы классификации состояний системы, размеченных в

автоматическом режиме на основе исторических данных, что можно рассматривать как достаточно универсальную альтернативу другим прогностическим подходам, требующим индивидуальной подстройки под конкретные технические системы. Предложенный подход может рассматриваться как разновидность методов автоматического машинного обучения для табличных данных высокой размерности, учитывающих особенности задач систем проактивного мониторинга.

### Список литературы

1. Столяров М., Трифаленков И. На пути к управляемым информационным системам //Jet Info-информационный бюллетень. – 1999. – №. 3. – С. 70.
2. Аллакин В. В., Будко Н. П., Васильев Н. В. Общий подход к построению перспективных систем мониторинга распределенных информационно-телекоммуникационных сетей //Системы управления, связи и безопасности. – 2021. – №. 4. – С. 125-227.
3. Дубровин М. Г., Глухих И. Н. Модели и методы проактивного мониторинга ИТ-систем //Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2018. – Т. 6. – №. 1. – С. 314-324.
4. Dalzochio J. et al. Machine learning and reasoning for predictive maintenance in Industry 4.0: Current status and challenges //Computers in Industry. – 2020. – Т. 123. – С. 103298.
5. Carvalho T. P. et al. A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance //Computers & Industrial Engineering. – 2019. – Т. 137. – С. 106024.
6. Sivaramakrishnan S. et al. Forecasting time series data using arima and facebook prophet models //Big data management in Sensing. – River Publishers, 2022. – С. 47-59.
7. Fulcher B. D., Jones N. S. hctsa: A computational framework for automated time-series phenotyping using massive feature extraction //Cell systems. – 2017. – Т. 5. – №. 5. – С. 527-531.
8. Grünauer A., Vincze M. Using dimension reduction to improve the classification of high-dimensional data //arXiv preprint arXiv: 1505.06907. – 2015.
9. Wang W., Carreira-Perpinan M. The role of dimensionality reduction in classification //Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. – 2014. – Т. 28. – №. 1.
10. Torgo L., Gama J. Regression by classification //Advances in Artificial Intelligence: 13th Brazilian Symposium on Artificial Intelligence, SBIA'96 Curitiba, Brazil, October 23–25, 1996 Proceedings 13. – Springer Berlin Heidelberg, 1996. – С. 51-60.

*Статья представлена научным руководителем, профессором кафедры «Информационные и вычислительные системы» ФГБОУ ВО ПГУПС доктором технических наук, профессором А.Д. Хомоненко.*

**Васильева М.А.<sup>1</sup>, Ипатов М.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Российский университет транспорта*

### **ПРИМЕНЕНИЕ ПРИНЦИПОВ БЕЗОПАСНОЙ РАЗРАБОТКИ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ И РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ**

**Аннотация.** Коллектив кафедры «Управление и защита информации» Российского университета транспорта (МИИТ) проводит исследования, связанные с разработкой как узконаправленных автоматизированных систем управления, так и более крупных – интеллектуальных транспортных систем.

К разработке обоих видов систем предъявляются строгие требования в части обеспечения безопасности. Мало обеспечить прохождение тестов, которые подтверждают выполнение заявленных функциональных требований. Процесс разработки должен быть дополнен статическим и динамическим анализом, позволяющим оценить качество кода по ряду разнообразных критериев. Автоматизация выполнения тестов – основополагающий принцип безопасной разработки. Как правило, для этих целей выстраиваются разнообразные сценарии управления конвейером веб-сервиса.

В работе показаны этапы разработки и настройки конвейера безопасной разработки интеллектуальной транспортной системы.

**Ключевые слова:** принципы безопасной разработки, DevSecOps, GitFlic, контейнеризация, тестирование, конвейер, CI/CD, SAST, DAST

**Vasilyeva M.A.<sup>1</sup>, Ipatov M.V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Russian University of Transport*

### **APPLICATION OF THE PRINCIPLES OF SAFE DEVELOPMENT TO THE DESIGN AND IMPLEMENTATION OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS**

**Abstract.** The staff of the Department of Information Management and Protection of the Russian University of Transport (MIIT) conducts research related to the development of both narrowly focused automated control systems and larger intelligent transport systems.

Strict security requirements are imposed on the development of both types of systems. It is not enough to ensure the passage of tests that confirm the fulfillment of the stated functional requirements. The development process should be complemented by static and dynamic analysis, which allows you to evaluate the quality of the code according to a number of different criteria. Automation of test execution is a fundamental principle of safe development. As a rule, various scenarios for managing the web service pipeline are built for these purposes.

The work shows the stages of development and configuration of the pipeline for the safe development of an intelligent transport system.

**Keywords:** principles of secure development, DevSecOps, GitFlic, containerization, testing, pipeline, CI/CD, SAST, DAST

**Введение.** В разрабатываемых интеллектуальных транспортных системах регулярно и неизбежно возникают недочеты, ошибки и уязвимости, которые могут приводить к потере или разглашению критически важной информации. Обнаруживать дефекты в программных продуктах помогает анализ кода, динамическое тестирование приложений [1-3]. Выявляемые дефекты необходимо исправить в кратчайшие сроки, однако издержки, связанные с их устранением, тем выше, чем позже проблема будет обнаружена: уязвимость в небольшой части функционала проще и дешевле исправлять до того, как она обростёт связями с другими частями разрабатываемой системы и, уж тем более, до того, как ИТС будет введена в эксплуатацию. Чтобы снизить издержки, связанные с рисками информационной безопасности, процессы тестирования ПО необходимо внедрять уже на самых ранних этапах разработки ИТС. Таким образом, команды разработки пришли к необходимости собирать и тестировать код после каждого его изменения.

Функционал современных приложений, зачастую, слишком обширен и сложен, чтобы человек мог быстро и качественно выполнять его анализ на защищенность. Так возникла необходимость в автоматизированных программных средствах статического анализа исходного кода и динамического тестирования приложений. А появление таких средств, в свою очередь, позволило зародиться практикам DevSecOps.

Методики DevSecOps включают в себя различные средства автоматизированной проверки исходного кода, среди которых важно выделить следующие:

- средства статического анализа кода (SAST);
- инструменты динамического анализа и тестирования (DAST);
- средства анализа цепочек зависимостей (SCA).

Работа с этими инструментами, как правило, предполагает построение конвейера непрерывной сборки и доставки приложения (с опорой на техники DevOps), в который встраивают приведённые выше средства автоматизированного анализа исходного кода. Такой подход позволяет гарантированно протестировать каждое изменение кода, что сократит количество ошибок и уязвимостей в конечных продуктах. В использовании такого подхода и заключаются практики DevSecOps.

**Хранилище кода и инструменты непрерывной интеграции и развёртывания (CI/CD).** Процесс написания приложения рано или поздно приходит к тому, что написанную минимальную версию продукта нужно достать из хранилища кода, «собрать» (скомпилировать) и доставить на веб-серверы либо для тестирования, либо для основного штатного функционирования приложения. Мы, разумеется, можем сделать это самостоятельно, проделав все операции по сборке и развёртке сервиса собственноручно. Однако инструменты DevOps предлагают нам некоторые

средства автоматизации этих совсем не сложных, но весьма рутинных задач. Особенно полезными средства автоматизации окажутся в тех ситуациях, когда разрабатываемый продукт достаточно большой, и приходится множество раз в день (!) проводить анализ кода средствами статического и динамического тестирования, выгружать сборки на веб-серверы и настраивать для них окружение (а подобные масштабы неизбежны в сколь-нибудь крупном проекте).

Итак, нам, для ускорения и упрощения разработки приложения, необходимо автоматизировать выполнение 3-х шагов:

- взять актуальную версию приложения из хранилища исходного кода;
- скомпилировать исходный код в готовое к запуску приложение;
- доставить исполняемые файлы приложения на сервер, где оно будет развёрнуто для тестирования, либо постоянной работы.

Средство автоматизации – это использование «пайп-лайнов» (от англ. Pipeline – «трубопровод») – сборочные линии, которые включают в себя несколько этапов обработки исходного кода, связанных друг с другом.

Построение CI/CD пайп-лайнов предполагает взаимодействие с хранилищем кода [4]. Средство непрерывной интеграции должно отслеживать изменения в репозитории и, в случае появления каких-либо не протестированных обновлений кода, автоматически принимать решение о том, чтобы инициировать процесс сборки и интеграции. И, поскольку нужно чёткое взаимодействие с репозиторием, постоянное его отслеживание и обеспечение бесперебойного доступа к нему, инструменты, по крайней мере, непрерывной интеграции, обычно реализуют на стороне самого хранилища кода. Эта тенденция прослеживается во многих проектах: GitLab, GitHub, GitFlic и многие другие. Все они предоставляют функционал, позволяющий отслеживать изменения кода в репозиториях и инициировать какие-либо действия. Какие именно действия можно дальше предпринять – в каждом конкретном случае нужно будет разбираться «на месте». Однако, общий принцип именно такой: отслеживание изменений в коде и инициация пайп-лайнов – на стороне хранилища кода.

• CI/CD – это процессы непрерывной интеграции и непрерывной доставки и развертывания приложений:

- процесс интеграции предполагает прохождение функционального и unit-тестирования и так далее, подключение задач по SCA, SAST, DAST, IAST и так далее, сборки (в случае прохождения всех тестов) актуальной версии приложения;

- процесс доставки включает в себя извлечение собранной актуальной версии приложения из хранилища кода (либо, что чаще бывает, хранилища контейнеров) и доставка этого приложения на тестовый стенд, сервер для продуктивной работы приложения или куда угодно ещё в зависимости от потребностей на конкретном проекте;

- непрерывность двух этих процессов означает, что они выполняются сами собой для каждого нового изменения в коде в автоматическом режиме;

Поскольку сборка контейнеров приложений (во время интеграции) – это, часто, ресурсоёмкий процесс, для выполнения таких задач обычно используются отдельные от сервера с хранилищем кода мощности. В этом случае возникает необходимость держать контакт между «отдельными мощностями» и сервером хранения кода с тем, чтобы выполнить задачу интеграции сразу после её поступления от команды разработки. Для координации действий в описанной ситуации, многими признанными в мире автоматизированными системами непрерывной интеграции и развертывания приложений, используются специальные программные «агенты», размещаемые на выделенных для сборки или тестирования мощностях. Такие программы обычно называют «раннерами» (от англ. “run”), поскольку они служат единственной цели – запускать на исполнение приходящие от сервера-хранилища кода задачи по части CI. Запущенный на выделенном для CI сервере раннер постоянно опрашивает сервер хранилища кода на предмет имеющихся для него (раннера) задач. Когда подходящая задача появляется, головной сервер, в ответ на запрос ожидающего команды раннера, посылает инструкции, какую задачу и как необходимо выполнить. По такому принципу работают многие системы CI/CD.

Исполнение раннерами задач CI/CD может происходить в разных средах выполнения: в терминальной оболочке выделенного сервера, на котором раннер работает, внутри docker-контейнеров, внутри разворачиваемых специально для проведения тестирования виртуальных машин (самых разных систем виртуализации – HyperV, VMWare, VirtualBox, ESXi и так далее), и даже на удалённых серверах, к которым раннеру предоставлен доступ (как правило, посредством SSH). В зависимости от среды выполнения, раннеры конвейеров CI/CD обычно делят на виды. Вот самые популярные из них:

- shell-раннеры;
- docker-раннеры;
- VM-раннеры;
- remote-shell-раннеры;
- power-shell-раннеры.

Использование систем виртуализации для обработки задач сборки и интеграции предполагает специфическую настройку и операционной системы сервера, на котором эти задачи исполняются, и самого раннера, который должен быть специальным образом подготовлен к взаимодействию с выбранной средой виртуализации. Раннеру, использующему такие изолированные среды, нужно сообщить:

- как запустить выбранную изолированную среду выполнения, откуда ему взять свежую версию кода для сборки (или актуальную версию собранного приложения для его тестирования);
- как передать в среду выполнения исходные данные;
- куда выгрузить результат своей работы;
- как очистить среду от более не нужных файлов, созданных для выполнения задач CI/CD конвейера.

Для передачи подобной информации разработаны различные протоколы, которые раннер, чтобы полноценно работать со средой виртуализации, должен поддерживать.

Shell-раннеры же, напротив, для запуска сборки или тестирования не требуют никаких специальных настроек, поскольку вся их работа сводится к тому, чтобы исполнять команды в терминале операционной системы подобно тому, как эти же процессы проводил бы человек собственноручно. Вследствие этого, shell-раннеры использовать проще, если не требуется сложная логика работы.

В силу простоты их использования, основным средством выполнения задач интеграции и развертывания в данном дипломном проекте будут shell-раннеры, которые будут запускать на подготовленных мной виртуальных машинах задачи сборки и тестирования. Для разработки информационной системы потребуются хранилище кода, сервер с установленным Docker Engine, на котором будет запущен shell-раннер, хранилище контейнеров.

**Статическое тестирование безопасности приложения (SAST).** Инструменты CI/CD предоставляют разработчику возможность автоматически производить сборку и проведение unit, функциональных и прочих тестирований для каждого изменения в коде проекта. Такое тестирование способно выявить ошибки в обработке данных, однако защищённость разрабатываемого продукта от атак, нацеленных на похищение или порчу обрабатываемой информации, такое тестирование обеспечить не может. Для автоматизированного тестирования безопасности программ применяют специализированные методы тестирования. Один из таких – статическое тестирование безопасности приложений (SAST – Static Application Security Testing).

Статический анализ предполагает просмотр анализатором исходного кода продукта и проведение проверок на срабатывание логических правил, заложенных в анализатор. Такое тестирование безопасности проводится, в основном, двумя методами: сигнатурный анализ и анализ потоков данных.

**Анализ цепочек зависимостей (SCA).** Статический анализ исходного кода, помимо самого разрабатываемого приложения, может быть распространён и на используемые в проекте библиотеки, фреймворки и прочие зависимости. В таком случае, тестирование безопасности станет тем дольше и затратнее, чем больше сторонних модулей используется в проекте.

Однако проверять код этих заимствованных частей нет необходимости, поскольку эти блоки, по крайней мере, самые популярные из них, регулярно подвергаются таким же SAST-тестированиям и ручным проверкам исходного кода, а иногда даже проходят сертификации. Чтобы избежать затрат времени и вычислительных мощностей на проверку импортируемых зависимостей, инструменты статического анализа обычно дополняют модулями анализа цепочек зависимостей (Software Composition Analysis, SCA).

Анализ цепочек зависимостей – это этап тестирования безопасности, на котором все используемые в проекте сторонние ресурсы проверяются на безопасность путём сверки их версий с базой данных зарегистрированных уязвимостей в общедоступных продуктах. Если использованная библиотека имеет версию, для которой уже была найдена и зарегистрирована уязвимость, инструмент SCA-анализа об этом сообщит и, чаще всего, не позволит коду с использованной уязвимой зависимостью попасть в репозиторий или сборку-кандидата на релиз.

SCA-анализатор выполняет проверку компонентов за счёт базы известных уязвимостей. Некоторые из этих инструментов способны производить проверку, сверяясь с актуальной базой, доступной в интернете, а некоторые требуют локального размещения подобной базы. Те решения, которые работают с локальными копиями, требуют регулярного обновления списка уязвимостей, что усложняет их эксплуатацию в сравнении с онлайн-инструментами. Однако, использование независимого экземпляра анализатора зависимостей, в сравнении с интернет-версией, обеспечивает командам разработки конфиденциальность информации об используемых в их продукте компонентах.

**Динамическое тестирование безопасности приложений (DAST).** Статический анализ помогает выявлять проблемы в безопасности приложения, связанные с неправильным использованием методов и функций, с невнимательным обращением с памятью программы и так далее. Но он не способен выявить уязвимостей в логике обработки данных, в конфигурации веб-сервера, в обработке пользовательских сеансов и в разграничении доступа к информации между разными пользователями. Проверка этих аспектов работы приложения требует поведенческого анализа. Такой тип проверок тоже возможно автоматизировать. Инструмент для работы над этой задачей – динамическое тестирование безопасности приложений (Dynamic Application Security Testing, DAST).

Динамический анализ – это тестирование безопасности приложения путём анализа его поведения при получении на вход от гипотетического пользователя различных наборов данных. В случае веб-приложений, тестирование происходит сразу для всего стенда, включая веб-сервер, подключенные базы данных и прочие элементы окружения, с которыми взаимодействует проверяемое веб-приложение. Этот способ проверки

имитирует действия злоумышленника, помогая таким образом обнаруживать очень опасные уязвимости, используемые в реальных атаках. В числе:

- небезопасные прямые ссылки на объекты (IDOR);
- различные инъекции (Command Injection, SQL Injection, XXE, CRLF Injection, XSS и другие);
- нарушения разграничения доступа (Broken Access Control);
- обход каталогов (Path Traversal);
- возможность проведения DoS-атак (Denial of Service);
- контрабанда HTTP-запросов (Request Smuggling);
- раскрытие чувствительной информации;
- проблемы в обработке загружаемых файлов;
- подделка запросов на стороне сервера (SSRF);
- внедрение фишинговых элементов в веб-приложение (ClickJacking);
- ошибки конфигурации междоменного взаимодействия (CORS Misconfigurations).

**Протокол обмена информацией об обнаруженных уязвимостях.** Конвейер безопасной разработки может быть составлен из различных компонентов. Автоматизация процессов интеграции и доставки требует самостоятельного взаимодействия этих компонентов между собой. Компоненты конвейера обязаны меняться от проекта к проекту, поскольку используемый язык программирования или фреймворк может измениться. Статический анализатор, в след за языком, необходимо будет поменять, SCA, вероятно, тоже. Обеспечение взаимодействия между различными сканнерами может стать проблемой, если полагаться на прямые возможности интеграции между выбираемыми сервисами. Эту задачу возможно разрешить с помощью единого стандарта предоставления данных об обнаруженных уязвимостях от сканнеров системам агрегации информации о тестировании. Одним из наиболее популярных протоколов обмена этой информацией между компонентами CI/CD является протокол SARIF (Static Analysis Results Interchange Format).

**Разработка «Автоматизированной системы расчета энергооптимальных траекторий движения поезда метрополитена».** На кафедре «Управление и защита информации» разработана и внедрена на Московском метрополитене Автоматизированная система выбора энергооптимальных режимов управления движением поезда метрополитена АСЭР [5]. Данная программа показала свою эффективность [6], однако расширение ее функциональных возможностей крайне затруднительно из-за монолитности АСЭР и отсутствии хоть каких-либо тестов [7, 8].

В итоге было принято решение разработать новую программу, которая, в том числе, может быть частью интеллектуальной транспортной системы [3]. Данная программа должна сохранить функциональность АСЭР (расчет энергооптимальных траекторий движения и расчет оптимального

распределения участкового времени хода по перегонным временам) и позволять дополнять её новыми потребностями, например, добавлять другие методы расчета траектории [9-11].

Для того чтобы получить тесты на разрабатываемую систему, параллельно с разработкой новой системы, ведется рефакторинг АСЭР [12]. В итоге получается новая версия АСЭР, которая разрабатывается в современной IDE и под управлением СУБД PostgreSQL [7, 13]. Данная СУБД выбрана авторами как Российская СУБД с открытым исходным кодом и сертификатами ФСТЭК.

Новая автоматизированная система будет иметь микросервисную архитектуру [14]. Каждый микросервис имеет слоистую архитектуру [15], взаимодействие с БД проводится через технологию ORM, чтобы не зависеть от конкретной СУБД. Также, применяя технологию ORM, нет необходимости писать «сырой» SQL в бизнес-логике программы, что гарантирует отсутствие SQL-инъекций к программе.

Каждый микросервис разрабатывается в отдельном хранилище, главная ветка которого является защищенной, т. е. в неё напрямую нельзя внести изменения.

**Заключение.** В результате проделанной работы предложены скрипты, реализующие подход DevSecOps. На данный момент описано минимальное необходимое количество шагов: модульное тестирование, SADT, DAST.

#### Список литературы

1. Кент Б. Экстремальное программирование. Разработка через тестирование TDD. Спб.: Питер, 2020. 224 с.
2. Ошероув Р. Искусство автономного тестирования с примерами на C#. 2-е изд. М.: ДМК Пресс, 2014. 360 с.
3. Васильева М.А. Разработка через тестирование Автоматизированной системы выбора энергооптимальных режимов управления электроподвижным составом метрополитена // Логистика и управление цепями поставок. 2023. Т. 108. № 3.
4. Васильева М.А., Филипченко К.М. Система контроля версия. Основы командной разработки: учебное пособие для ВУЗов. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 144 с.
5. Баранов Л.А., Васильева М.А., Ершов А.В., Максимов В.М., Мелёшин И.С. Автоматизированная система выбора энергооптимальных режимов управления движением поезда метрополитена // Вестник МИИТа, № 19, 2008. С. 3-10.
6. Васильева М.А., Должикова А.А. ЭНЕРГООПТИМАЛЬНЫЕ ТРАЕКТОРИИ ДЛЯ МЕТРОПОЕЗДОВ // Мир Транспорта, Т. 5, № 3(19), 2007. С. 38-41.
7. Васильева М.А. Цифровая трансформация транспорта: проблемы и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции «Цифровые технологии транспорта и логистики», (28 сентября 2022 г.). // Автоматизированная система выбора энергооптимальных режимов управления. Москва. 2022. С. 218-221.
8. Васильева М.А. Интеллектуальные транспортные системы: материалы Международной научно-практической конференции // Автоматизированная система энергооптимальных тяговых расчетов. Москва. 2022. С. 108-115.
9. Васильева М.А., Николаев А.Ю. Цифровая трансформация транспорта: проблемы и перспективы: материалы Международной научно-практической конференции

- «Цифровые технологии транспорта и логистики», (28 сентября 2022 г.). // Повышение эффективности построения энергооптимальных траекторий движения поезда по перегону на базе параллельных вычислений. Москва. 2022. С. 324-328.
10. Николаев А.Ю., Васильева М.А. К вопросу об оценке эффективности реализации алгоритма. // Цифровые инфокоммуникационные технологии: сборник научных трудов ФГБОУ ВО РГУПС. 2022. С. 251-255.
  11. Васильева М.А., Филипченко К.М. Применение древовидных структур данных для моделирования систем // Journal of information technology and application, Т. 12, № 2, Dec 2022.
  12. Фаулер М., Бек К., Брант Д., Апдайк У., Робертс Д. Рефакторинг: улучшение существующего кода. СПб.: Символ-Плюс, 2010. 432 с.
  13. Васильева М.А., Быкова Е.А., Викторов К.А. Информационное обеспечение автоматизированной системы выбора энергооптимальных режимов управления поездом метрополитена. // Цифровые инфокоммуникационные технологии: сборник научных трудов ФГБОУ ВО РГУПС., 2022. С. 35 – 40.
  14. Васильева М.А. Интеллектуальные транспортные системы: материалы Международной научно-практической конференции. Москва, 25 мая 2023 // Технический долг или пять причин провести рефакторинг. Москва. 2023. С. 61–68.
  15. Фаулер М., Райс Д., Фоммел М., Хайет Э., Ми Р., Стаффорд Р. Шаблоны корпоративных приложений. М.: Издательский дом "Вильямс", 2014. 544 с.

**Куляпин Д.В.**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Самарский государственный университет путей сообщения

### **ЦИФРОВАЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНАЯ СТАНЦИЯ**

**Аннотация.** Статья посвящена описанию технологии "Цифровая железнодорожная станция", описана автоматизированная диагностика технического состояния подвижного состава, табло коллективного пользования, модуль планирования, функциональный навигатор автоматической подвязки составов на нитки нормативного графика, функциональный навигатор и мобильное рабочее место работника, а также его преимущества и недостатки.

**Ключевые слова:** автоматизация, технология, оптимизация, информирование, цифровизация, эксплуатация, повышение производительности

**Kulyapin D.V.**<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Samara State Transport University

### **DIGITAL RAILWAY STATION**

**Abstract.** The article is devoted to the description of the "Digital Railway Station" technology, describes automated diagnostics of the technical condition of rolling stock, a collective use scoreboard, a planning module, a functional navigator for automatically tying trains on the threads of a regulatory schedule, a functional navigator and a mobile workplace of an employee, as well as its advantages and disadvantages.

**Keywords:** automation, technology, optimization, information, digitalization, operation, productivity improvement

Для цифровизации эксплуатационной работы станций ОАО "РЖД" реализует концепцию ЦЖС, которая позволит увеличить доходность за счёт эффективного использования уже существующей инфраструктуры. В сутки одна сортировочная станция в зависимости от ее размера может принимать от 6 до 20 тысяч вагонов, которые в совокупности проходят более миллиона различных технологических операций, связанных с расформированием и формированием подвижного состава.

Входящие в состав ЦЖС интеллектуальные модули планирования и контроля исполнения собирают и обрабатывают данные всех технологических процессов, что позволяет сократить возможный простой вагонов и повысить производительность труда.

Автоматизированная диагностика технического состояния подвижного состава и коммерческих неисправностей (АСКОПВ 3D) позволяет формировать трехмерную модель подвижного состава и груза (рис. 1). Такая модель дает возможность точно локализовать нарушения габаритов вагонов и

грузов, что значительно упрощает процесс выявления коммерческих и технических неисправностей, угрожающих безопасности движения и



сохранности грузов [1].

Рис. 1. Ворота автоматической диагностики технического состояния подвижного состава и коммерческих неисправностей

Табло коллективного пользования (ТКП) позволяет оперативно отображать информацию об эксплуатационных показателях работы станций в реальном режиме времени и с предварительным прогнозом (рис. 2). В режиме одного экрана одновременно отображаются ключевые показатели работы станции, такие как рабочий парк, транзит с переработкой, транзит без переработки, подход поездов и другие. При этом информация отображается не только в реальном режиме, но и в прогнозе на 3, 6, 12 часов [2].

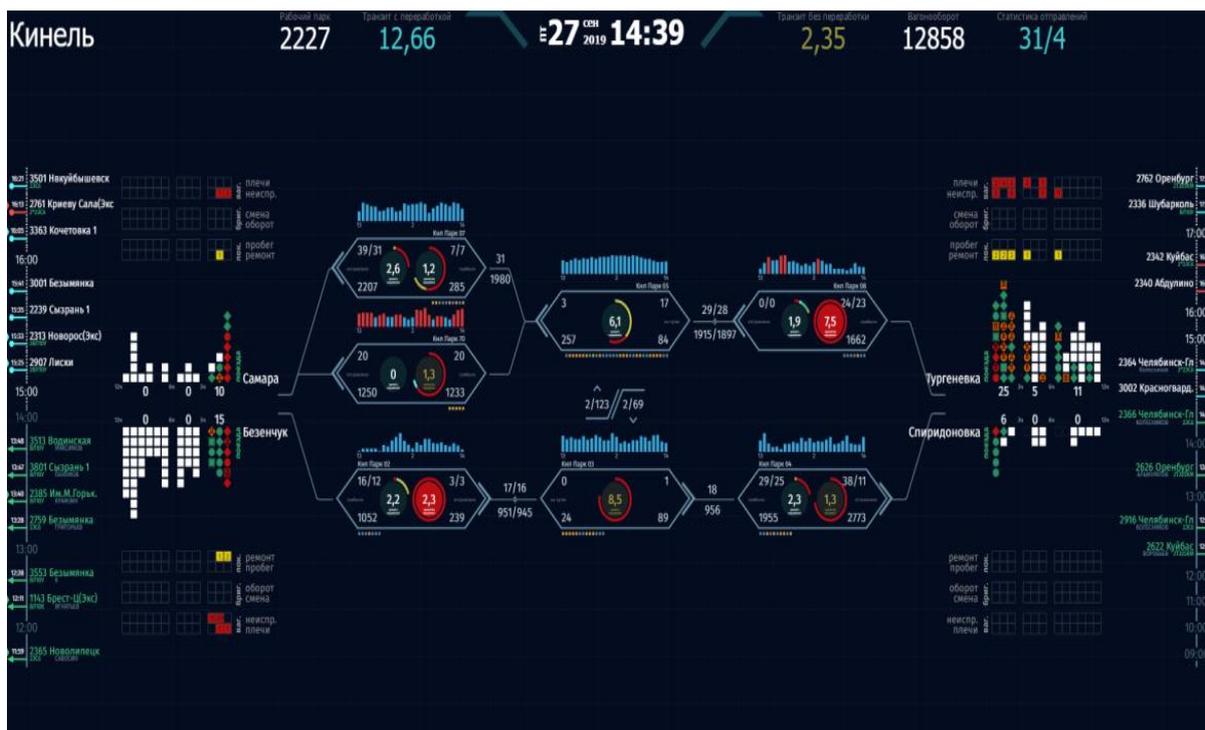


Рис. 2. Табло коллективного пользования

Модуль планирования (МП) (ПиКОП 3.0 – план и контроль отправления поездов) осуществляет автоматическую подвязку составов на нитки нормативного графика с автоматической подвязкой локомотивов и локомотивных бригад (рис. 3) [3].

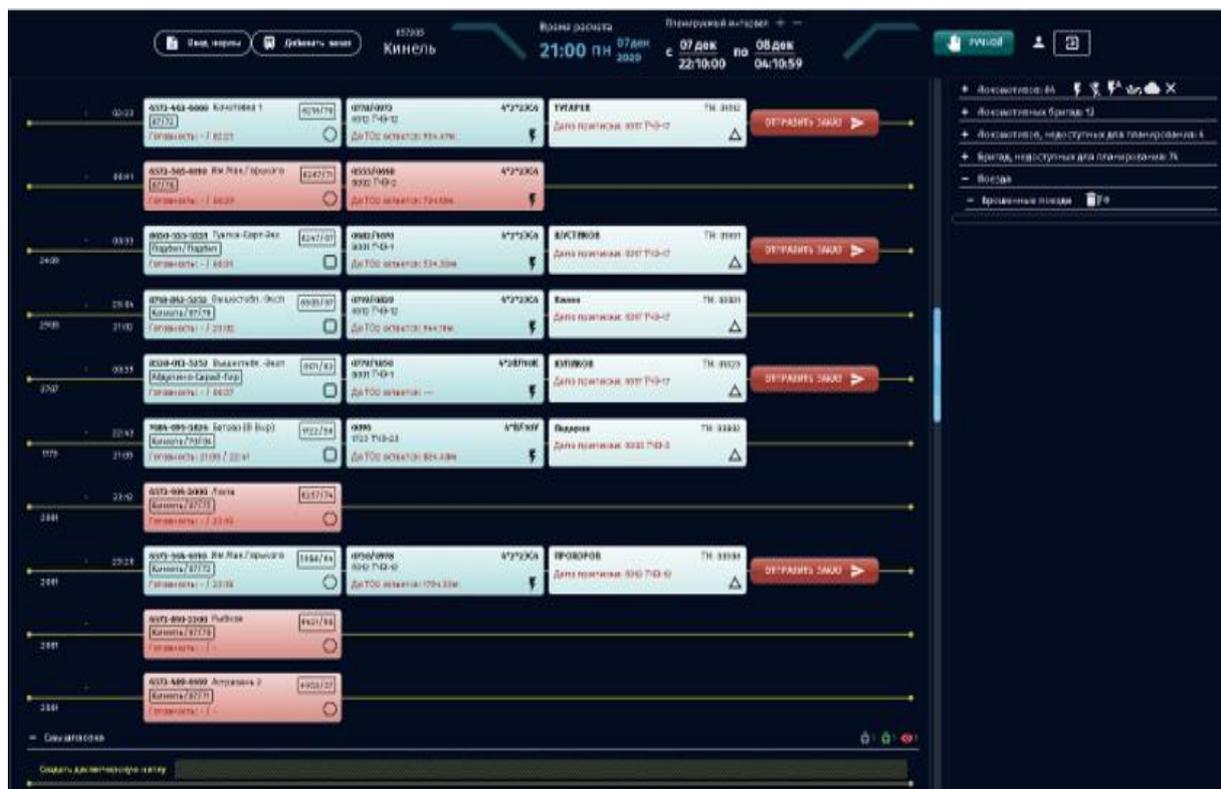


Рис. 3. Модуль планирования

Функциональный навигатор (ФН) обеспечивает (рис. 4):

- качественную работу железнодорожной станции путем формирования единого плана в увязке с работой всех подразделений, связанных с выполнением операций приёма, отправления и расформирования поездов;
- контроль выполнения нормативов времени на выполнение технологических операций ответственными исполнителями;
- контроль последовательности выполнения работ в цепочке технологических процессов.

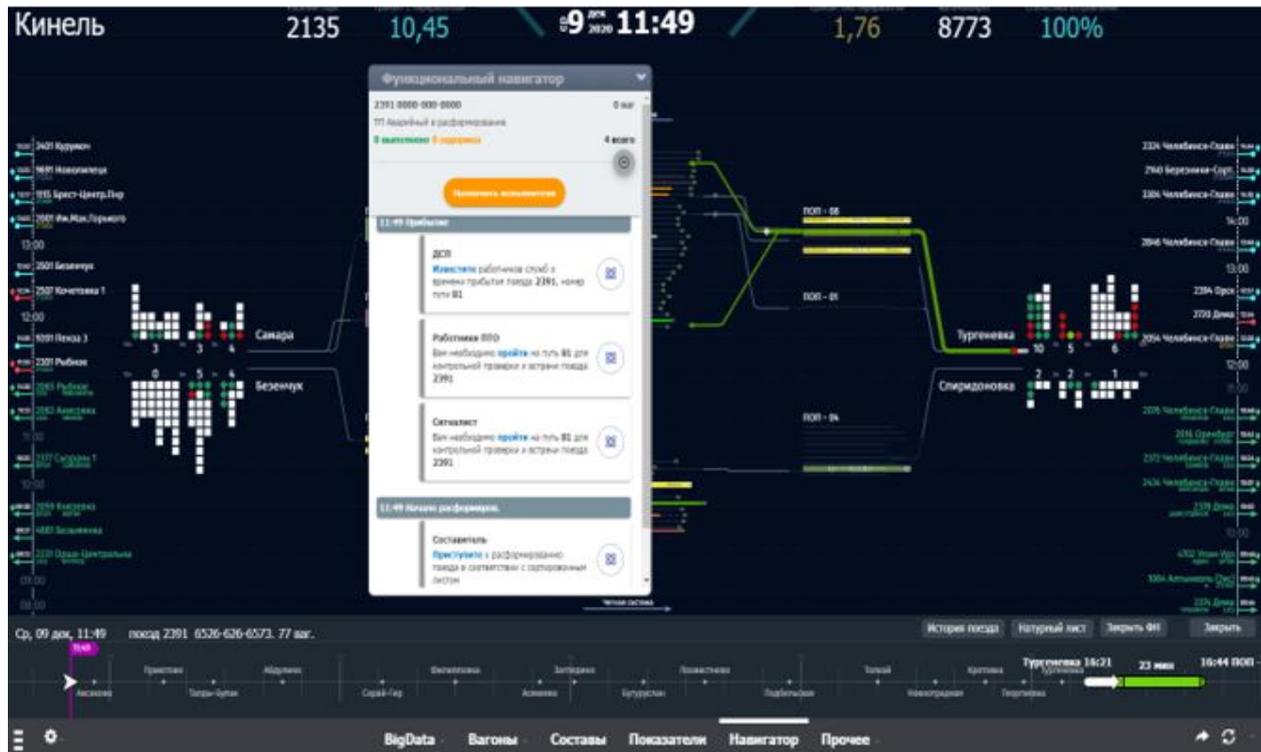


Рис. 4. Функциональный навигатор

В Функциональном навигаторе предусмотрена отправка наряд-заказов на выполнение команд непосредственно на мобильное устройство исполнителя.

Для этих целей внедрено «Мобильное рабочее место» (МРМ), которое позволяет исполнителю получать команды в оперативном режиме по проведению технологических операций. Информация отображается на экране устройства (рис. 5) и дублируется голосовым помощником [4].

Программное обеспечение МРМ ЦЖС разработано для составителя на горке, составителя в парке и сигналиста.

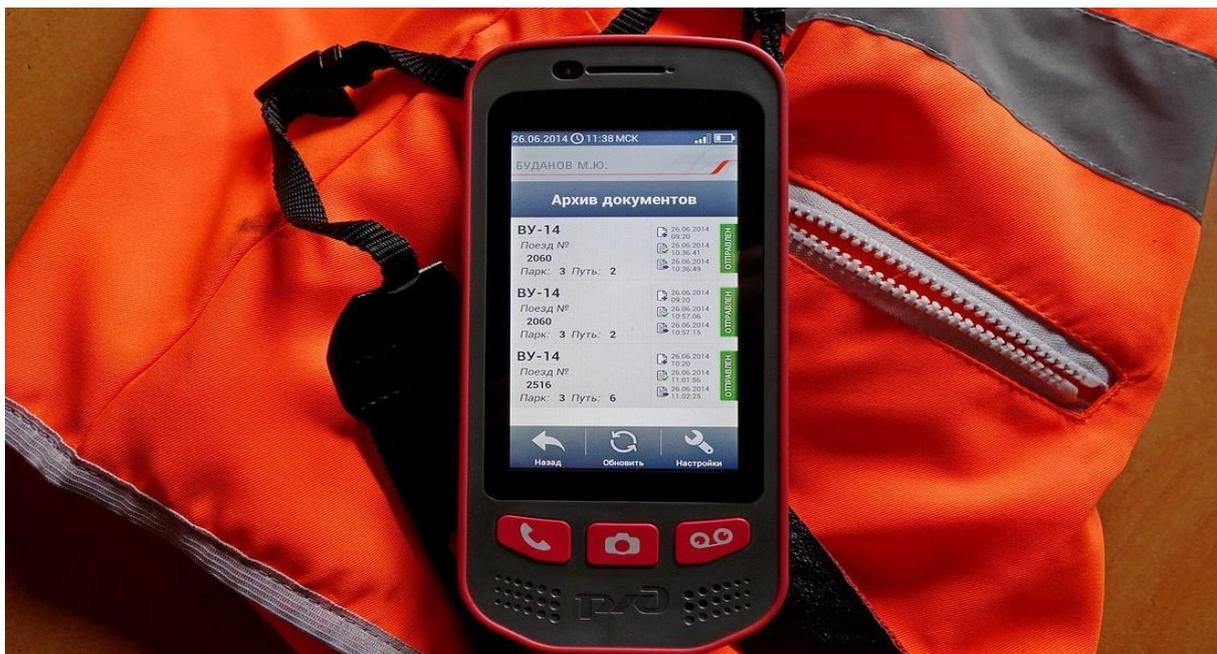


Рис. 5. Мобильное рабочее место

МРМ составителя на горке (рис. 6) используется для организации роспуска состава с отображением на устройстве сортировочного листа. Данная технология позволяет уйти от бумажных сортировочных листов, оптимизировать наличие принтеров, находящихся на рабочих местах составителей.



Рис. 6. МРМ составителя на горке

МРМ составителя в парке (рис. 7) используется для получения информации о маневровом наряд-заказе по перестановке вагонов. Данная технология позволит уйти от использования радиосвязи при передаче наряд-заказа на маневровую работу. Использование МРМ позволит

контролировать и анализировать выполнение данной работы в информационной системе.



Рис. 7. МРМ составителя в парке

МРМ сигналиста (рис. 8) используется для ввода информации о тормозных башмаках при закреплении /снятии закрепления состава. Данная технология позволяет автоматизировать процесс ведения журнала учета тормозных башмаков.



Рис. 8. МРМ сигналиста

Однако при эксплуатации устройств МРМ выявлены замечания, не позволяющие их использование в полном объеме.

Составитель на горке (сортировочный лист):

1. Нет возможности отправить сортировочный лист на угловые передачи.

2. Нет возможности отправить сортировочный лист на отдельно стоящие группы вагонов, а также на вагоны, выведенные с подъездных путей.

Составитель на маневрах (маневровый наряд-заказ):

1. Длительный процесс формирования наряд-заказа в ЦЖС.

2. Нет возможности отправить наряд машинисту без составителя.

Сигналист (наряд-заказ на закрепление):

1. Нет возможности отправить наряд-заказ двум сигналистам по закреплению одного состава.

2. Отсутствует реализация передачи информации о закреплении в электронный журнал ЖУТБ.

Основные замечания технологии ЦЖС:

1. В системе ЦЖС присутствуют два графика движения поездов (нормативный и вариантный).

2. Нормативное время точки отправления поезда указывается на основе сгруппированного расписания по многопарковой станции, а не конкретное время планируемого отправления поезда из парка станции (по аналогии с АС ГИД).

3. В «анализе отправления поездов» некорректно учитываются факты отправления поездов не по расписанию. Фактическое время отправления поезда с путей парка станции, указанного по АСОУП, сравнивается с нормативным временем отправления со станции, а не из парка.

4. Система ЦЖС планирует поезда на диспетчерские нитки, которых нет в варианном графике.

5. Заполнение наряда в ЕК АСУТ производится из листа ожидания, а не из наряд-заказа на смену.

6. В системе ЕК АСУТ отсутствует информация о бригадах других депо, принадлежности не к данной станции.

7. Система ЕК АСУТ не подвязывает бригады с оборота.

8. Подвязка неверного маршрута в системе ЕК АСУТ на несуществующие плечи обслуживания.

9. Неверное проставление вида движения грузовое при планировании поездов в вывозном виде движения.

10. Из ЦЖС в ЕК АСУТ автоматически отправляет наряд-заказы на 2 суток вперед.

11. Неполноценное взаимодействие ЦЖС и ЕК АСУТ.

#### Список литературы

1. Автоматизированная система коммерческого и технологического контроля с модульной архитектурой (АСК ТК) ФКНП.

2. Интеллектуальные системы управления на железнодорожном транспорте. Компьютерное и математическое моделирование (ИСУЖТ-2019). Труды Восьмой научно-технической конференции. 2019. С. 84-86. Семенчук А.С., Куликов А.А., Былинович А.П., Насонова М.М.
3. АСУ СТ - Современная система управления станциями. Статья ООО "НТЦ ТРАНССИСТЕМОТЕХНИКА", 2019 г.
4. Мобильное рабочее место на базе отечественной ОС. Блог ОС Аврора, 2020 г.

УДК 625.1

**Львова И.Н.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Самарский колледж железнодорожного транспорта им. А.А. Буянова

## **РЕАЛИЗАЦИЯ СТРАТЕГИИ ЦИФРОВОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ РЖД В СИСТЕМАХ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ Поездов**

**Аннотация.** В статье рассмотрены ключевые принципы Стратегии цифровой трансформации РЖД. Описаны направления инновационного развития холдинга на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года. Приведены примеры разработок, связанных с цифровизацией, такие как интеллектуальная система управления процессами перевозок, интеграция подсистемы технической диагностики в МПЦ, «Интеллектуальный переезд». А также описано техническое перевооружение станции Кинель Куйбышевской железной дороги.

**Ключевые слова:** цифровизация, искусственный интеллект, цифровая трансформация, интерактивный горочный пульт

**Lvova I.N.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Samara College of Railway Transport named after A.A. Buyanov

## **IMPLEMENTATION OF THE STRATEGY OF DIGITAL TRANSFORMATION OF RUSSIAN RAILWAYS IN TRAIN TRAFFIC SUPPORT SYSTEMS**

**Abstract.** The article discusses the key principles of the Russian Railways Digital Transformation Strategy. The directions of innovative development of the holding for the period up to 2025 and for the future up to 2030 are described. Examples of developments related to digitalization are given, such as an intelligent transportation process management system, integration of the technical diagnostics subsystem into the MPC, "Intelligent Relocation". The technical re-equipment of the Kinel station of the Kuibyshev Railway is also described.

**Keywords:** digitalization, artificial intelligence, digital transformation, interactive slide control

Мы вошли в эпоху искусственного интеллекта и цифровой экономики. Цифровизация является важной частью повышения эффективности работы железнодорожного транспорта и функционирования инфраструктуры.

6 июля 2023 года президент РФ Владимир Путин во время поздравления работников железнодорожной отрасли с профессиональным праздником назвал цифровизацию приоритетом развития ж/д транспорта.

«Ведется разработка новейших отечественных высокоскоростных локомотивов и поездов, что станет еще одним шагом к укреплению нашей технологической независимости. В приоритетах - дальнейшая цифровизация сервисов и услуг, внедрение передовых технических и

логистических решений. Будет обновляться, становиться современнее и облик вокзалов в российских городах, которыми ежедневно пользуются миллионы людей» - отметил глава государства.

К августу 2023 года РЖД продолжают реализацию стратегии цифровой трансформации [1]. Обновленный документ был утвержден советом директоров компании в конце мая 2023 года (первая версия стратегии была принята в 2019 году). Данный документ направлен на развитие цифровых сервисов, а также на создание и внедрение отечественного софта и развитие цифровых сервисов как для железнодорожников, так и для клиентов РЖД, в том числе востребованных на экспортных рынках.

Ключевые принципы Стратегии 2023 остались неизменными, об этом рассказал заместитель генерального директора РЖД Евгений Чаркин, который выступил на TAdviserSummIT 2023.

В первую очередь к данным принципам относится:

- с помощью цифровых технологий повысить эффективность деятельности компании;

- технологии, процессы и культура – это триада, которая лежит в основе стратегии;

- продолжить обеспечивать технологический суверенитет компании;

- обеспечить синхронизацию с государственными и отраслевыми задачами;

- для достижения конкретных, измеряемых результатов в Стратегии 2023 заложены 73 показателя по разным направлениям для измерения прогресса.

Много разработок на сегодняшний день в РЖД ведется в области искусственного интеллекта. На данный момент реализуется уже 13 проектов. Основные работы, которые ведутся в сфере искусственного интеллекта:

- утверждена Концепция применения искусственного интеллекта в ОАО «РЖД»;

- интеллектуальная обработка результатов измерений, полученных от технических средств коммерческого осмотра;

- автоматический подбор ответов на заданный вопрос пользователя – система естественного диалога; проведены испытания машинного зрения (беспилотные поезда «Ласточка», маневровые локомотивы);

- проведены испытания интеллектуального помощника маневрового диспетчера - прототип.

Обновленная Стратегия цифровой трансформации направлена на развитие семи ключевых платформ:

- платформа мультимодальных пассажирских перевозок;

- платформа мультимодальных грузовых перевозок;

- платформа транспортно-логистических узлов;
- платформа линейной инфраструктуры;
- платформа управления перевозочным процессом;
- платформа непроизводственных процессов;
- платформа тягового подвижного состава.

Как для внешних пользователей (клиентов, партнеров и государства), так и для внутренних (сотрудников и руководителей компании) с использованием таких цифровых технологий, как большие данные, распределенные реестры, промышленный интернет вещей, квантовые вычисления для каждой платформы создаются цифровые сервисы и продукты.

На период до 2025 года и на перспективу до 2030 года определены основные направления развития холдинга в области инноваций:

- с использованием искусственного интеллекта создать и внедрить динамические системы управления перевозочным процессом;
- на основе ориентированности на клиентов продолжить развивать транспортно-логистические системы в едином транспортном пространстве;
- продолжить разработки для создания и внедрения инновационного подвижного состава;
- внедрить инновационную систему для автоматизации и механизации станционных процессов («интеллектуальная станция»);
- разработать и внедрить перспективные технические средства и технологии современных информационных и телекоммуникационных технологий, инфраструктуры путевого хозяйства, железнодорожной автоматики и телемеханики, электрификации и электроснабжения;
- продолжить внедрять технологии и технические средства для развития скоростного и высокоскоростного движения;
- разработать инновационные системы для управления безопасностью движения, а также способы управления рисками, связанными с безопасностью и надежностью перевозочного процесса;
- ускоренными темпами развивать технологии организации грузового тяжеловесного движения;
- повысить энергетическую эффективность производственной деятельности;
- внедрить самые лучшие и доступные технологии в природоохранной сфере;
- продолжить развивать системы управления качеством перевозочного процесса [2].

На сегодняшний день основная ставка делается на разработку и развитие платформенных решений, которые на едином унифицированном аппаратно-программном обеспечении позволяют реализовать любые самые сложные системы и функции, что очень актуально, так как дает

возможность применять бесшовные технологии на целых участках или даже полигонах. Фактически стираются аппаратные границы между системами, исключаются промежуточные реле, убираются «стыки» между различными подсистемами, заметно упрощается техническое обслуживание и значительно повышается безопасность и надежность.

Еще одной важной задачей является разработка инновационных решений и применение искусственного интеллекта в системах железнодорожной автоматики и телемеханики, управления процессами перевозок и обслуживания железнодорожной инфраструктуры, а также повышение уровня информационной безопасности - киберзащищенности.

Не менее важными являются разработки, связанные с цифровизацией и автоматизацией технологических процессов. В качестве примера можно отметить последнюю инновационную разработку - интеллектуальную систему управления процессами перевозок ИСУПП. Она была разработана при участии ведущих российских научных центров, которые специализируются на алгоритмах искусственного интеллекта. Благодаря широкому использованию нейронных сетей эта система позволяет наилучшим образом организовать управление перевозочным процессом, а также организовать движение поездов на участке в зависимости от специфики его работы, назначения поездов, перевозимых грузов и фактического состояния инфраструктуры, а также поездной ситуации и требуемых объемов перевозок в различных временных интервалах.

Таким образом, данная система с учетом всех динамических изменений строит цифровую имитационную модель участка и движения различных типов подвижного состава.

Интеллектуальная система управления процессами перевозок впервые была введена в эксплуатацию в Казахстане в 2021 г. Данная система контролирует движение на транспортном коридоре Алматы - Жетыген - Алтынколь (госграница с Китаем), общая протяженность которого почти 300 км.

Алгоритмы искусственного интеллекта, разработанные при создании ИСУПП, позволяют реализовать функции предиктивной аналитики. Благодаря этому появляется возможность обрабатывать огромные объемы данных, получаемые от различных систем управления, объектов технической диагностики и различных типов датчиков, и далее оценивать фактическое состояние и динамику изменений во времени с учетом времени года, суток и имеющихся характеристик технических средств.

Требуется создать Единый центр управления и диагностики технологическим обслуживанием железнодорожной инфраструктуры. Это позволит намного быстрее и эффективнее перейти от планового обслуживания к обслуживанию ее по состоянию.

Для создания бесшовных технологий ведутся разработки по сокращению стыков между различными подсистемами и системами с реализацией функций на базе единой аппаратно-программной платформы.

Например, такой разработкой является интеграция подсистемы технической диагностики в МПЦ (рис. 1). Это позволит получить весь набор диагностических данных и измерений без реализации отдельного линейного пункта диспетчерского контроля.

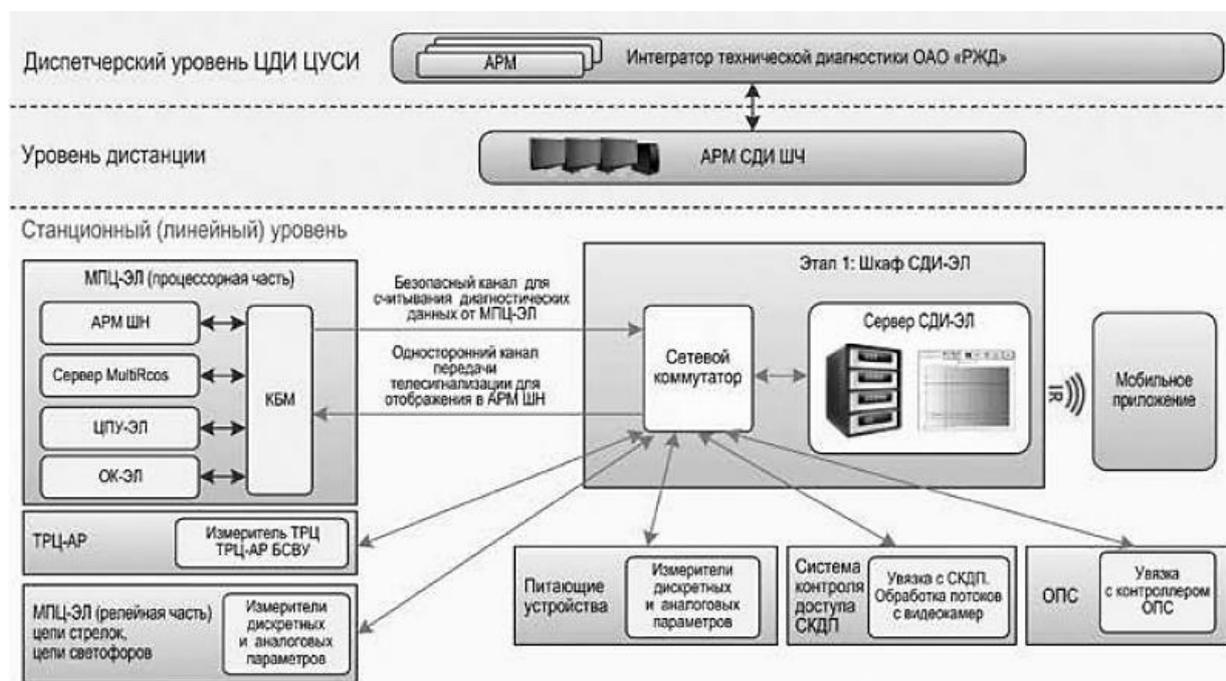


Рис. 1. Интеграция подсистемы технической диагностики в МПЦ

Активно ведется разработка системы «Интеллектуальный переезд». Эта система имеет модульную платформу, которая позволяет достичь желаемый уровень автоматизации в зависимости от предъявляемых требований и категории переездов. Таким образом, переезд может быть оснащен такими дополнительными опциями, как видеонаблюдение и видеофиксация нарушений правил дорожного движения, контроль свободности зоны переезда, функция динамического закрытия переезда в зависимости от скорости движения приближающегося поезда, ограждение фактической зоны переезда, табло обратного отсчета и другие функции.

В результате этого автоматика на переезде сможет безопасным образом оценивать скорость движения приближающегося поезда и кривую ее изменения в пределах зон подачи извещения. На основании этих данных будут выполняться расчеты для определения оптимальных параметров работы переезда индивидуально для каждого проходящего состава.

«Интеллектуальный переезд» может применяться как на контролируемых станционных переездах, так и на полностью автономных переездах с интегрированными центральными вычислительными устройствами.

Данная разработка значительно повышает пропускную способность автомобильной дороги через переезд, но при этом сохраняется высочайший уровень безопасности.

Еще одной высокоэффективной технологией является применение цифровых двойников для решения широкого спектра задач, связанных с автоматизацией поддержки принятия решений на основе обработки большого объема данных. Активно ведутся работы по цифровизации хозяйства автоматики и телемеханики и имеющихся технологических процессов. Цифровой двойник позволяет осуществлять в реальном режиме времени мониторинг физических объектов, а также своевременный анализ данных для предотвращения отказов до их возникновения. Также для сокращения рисков возникновения отказов он оптимизирует планирование профилактических работ и повышает эффективность использования инфраструктуры железнодорожной автоматики и телемеханики [3].

Еще одним примером реализации стратегии цифровой трансформации РЖД является техническое перевооружение станции Кинель Куйбышевской железной дороги. В 2023 году на данной станции был введен в эксплуатацию пульт горочный интерактивный (ПГИ) с дублированием существующего горочного пульта дежурного сортировочной горки с реализацией параллельного роспуска, а также система технического зрения.

ПГИ предназначен для контроля и управления технологическим процессом автоматического роспуска составов с приоритетом автоматического управления горочными устройствами, системой автоматизации управления роспуском составов на сортировочных горках, оборудованных КСАУ СП, с возможностью дистанционного управления устройствами централизации и механизации сортировочных горок в «ручном» режиме путем формирования управляющих команд посредством сенсорного экрана или компьютерных манипуляторов пульта и передачи их для выполнения в соответствующие исполнительные контроллеры устройств горочной автоматизации.

ПГИ обеспечивает:

- наглядное отображение технологической информации, необходимой для выполнения роспуска составов и маневровой работы в автоматизированном режиме под управлением КСАУ СП (информация о состоянии напольных и постовых устройств, сортировочные листки, предупреждения и оповещения оперативного персонала о возникновении нештатных ситуаций, отказах оборудования, критических сбоях и др.);

- отображение прохождения технологического процесса расформирования составов в зоне горочного светофора, спускной части сортировочной горки и путях сортировочного парка на промышленных мониторах;

- возможность управления устройствами централизации и механизации сортировочных горок в «ручном» режиме с помощью формирования управляющих команд посредством компьютерных манипуляторов пульта и последующей передачи их для выполнения в

соответствующие исполнительные контроллеры системы автоматизации.

При применении по назначению ПГИ функционирует в увязке с КСАУ СП и с исполнительными контроллерами устройств горочной автоматизации по сигналам управления и контроля горочного оборудования.

В состав технических средств интерактивного горочного пульта входят (рис. 2):

1) программно-аппаратные средства:

– четыре (или два) промышленных сенсорных монитора – Монитор-терминал (МТ);

– специализированная клавиатура (СК);

– промышленные контроллеры (ПК);

– сетевой коммутатор;

– контроллер ввода-вывода (КВВ);

– кнопка «Стоп»;

– звонок;

2) средства размещения: столешница пульта; основание пульта; кресло оператора пульта.

Промышленные сенсорные мониторы предназначены для отображения текущего состояния контролируемого наземного оборудования, принятия сигналов управления, контроля поездной ситуации. Данные мониторы размещаются на столешнице ПГИ.

Специализированная клавиатура является элементом ввода ПГИ и предназначена для восприятия управляющих команд.

Промышленные контроллеры предназначены для:

– программной обработки сигналов, которые поступают от сенсорных мониторов, специализированной клавиатуры и контроллеров ввода-вывода;

– формирования и передачи на контроллер ввода-вывода командных сигналов управления;

– передачи на сенсорные мониторы сигналов отображения.

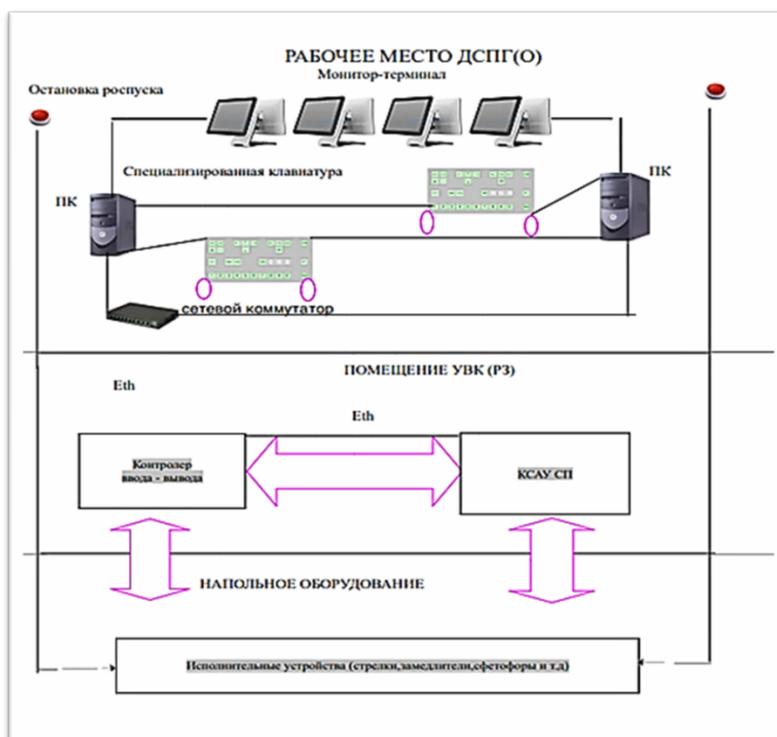


Рис. 2. Структурная схема ПГИ

Контроллер ввода-вывода предназначен для: сбора, первичной обработки и передачи сигналов состояния подконтрольного оборудования в промышленные контроллеры; принятия управляющих команд от промышленных контроллеров и формирования цепей управления подконтрольными техническими средствами; увязки с техническими средствами ввода-вывода КСАУ СП.

Данное техническое перевооружение станции позволило:

- минимизировать оперативный персонал для управления роспуском;
- свести к минимуму «ручное» вмешательство в процесс расформирования составов на горке;
- автоматизировать маневровые передвижения на сортировочной горке (управление маневровыми светофорами при готовности маршрутов, перевод стрелок для маневровой работы, контроль за передвижением составов);
- исключить необходимость изменения конструкции пульта при проведении модернизации путевого развития, новых технологий роспуска, а также внедрения новых устройств автоматики и телемеханики;
- значительно снизить эксплуатационные издержки за счет повышения качества заполнения подгорочных путей, сокращения времени на осаживание, уменьшения маневровой работы по осаживанию вагонов в сортировочном парке;
- повысить эффективность и безопасность работы системы автоматизации сортировочных процессов;

— значительно повысить безопасность работы сортировочной станции, за счет запрета движения на пути при выставленных пометках о производимых работах, при нахождении на путях локомотивов и вагонов с опасными грузами;

— сократить продолжительность горочного цикла за счет сокращения времени на осаживание.

### **Список литературы**

1. Стратегия цифровой трансформации РЖД [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru>.
2. Долгосрочная программа развития открытого акционерного общества «Российские железные дороги» до 2025 года, утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 19 марта 2019 г. № 466- р.
3. Хромушкин К.Д. Стратегия развития дивизиона ЖАТ// Автоматика, связь, информатика. 2023. №4. С. 17-20.

**Худайберганаов С. К.<sup>1</sup>, Сарвинова Н. С.<sup>1</sup>, Сабуров М. Б.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Ташкентский государственный транспортный университет*

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИИ КОНТЕЙНЕРНЫХ БЛОК-ПОЕЗДОВ УЗБЕКИСТАНА ПРИ МУЛЬТИМОДАЛЬНОЙ ПЕРЕВОЗКЕ**

**Аннотация.** В работе проведен анализ действующих маршрутов контейнерных блок-поездов железнодорожным транспортом Узбекистана. Цель работы – системный анализ действующих маршрутов и мероприятия по улучшению процесса работы при организации контейнерных блок-поездов в Узбекистане.

**Ключевые слова:** грузопоток, большие данные, контейнерный поезд, блок-поезд, маршрут

**Xudayberganov S.K.<sup>1</sup>, Sarvirova N.S.<sup>1</sup>, Saburov M.B.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Tashkent State Transport University*

### **IMPROVING THE ORGANIZATION OF CONTAINER BLOCKS TRAINS IN UZBEKISTAN DURING MULTIMODAL TRANSPORTATION**

**Abstract.** The article analyzes the current routes of container block trains by railway transport in Uzbekistan. The purpose of the research is a systematic analysis of existing routes and measures to improve the working process when organizing container block trains in Uzbekistan.

**Keywords:** cargo flow, big data, container train, block train, route

Перевозка грузов автомобильным транспортом считается выгодной на расстояние не более 500 км и при доставке грузов до складов потребителя. Так как не все клиенты железнодорожного грузового транспорта обеспечены подъездными путями, а при доставке грузов на расстояние свыше 500 км и в больших объемах, то тогда выгодным является железнодорожный транспорт. Поэтому доставка грузов с участием нескольких видов транспорта является целесообразной в современном мире. Следовательно, использование контейнеров в цепи поставок эффективно относительно грузовых вагонов. Так как при нем сами грузы не перегружаются, естественно это снизит общие затраты перевозки грузов, сократит время доставки грузов и повысит их сохранность. Основная перевозочная длина внутри Узбекистана составляет 1000 км. Кроме этого, 9 августа 2023 года руководитель страны при открытом диалоге с предпринимателями подчеркнул важность развития цепи поставок с выходом Узбекистана к международным рынкам с мультимодальной перевозкой [1]. Поэтому совершенствовать курсирование контейнерных блок-поездов мультимодальной перевозкой является актуальным в экспортном, импортном и местном сообщениях в Узбекистане.

Известно, что Узбекистан выходит к мировому морскому пути минимум через два государства. Схемы курсирования контейнерных блок-поездов в Узбекистане изображены на рисунке 1. Первый тип поездов - это действующие маршруты, в которых каждый месяц прибывают от 10 до 20 пар таких поездов, но в обратном направлении отправляется от 3 до 5 пар поездов. Это направления Ташкент – Владивосток, Находка (Россия) и Алтынкуль (Казахстан). Согласно вышесказанному, в Узбекистане накапливается избыточный контейнерный парк. В июне 2023 года на Саммите «Китай-Центральная Азия» стороны договорились запускать новый блок поезд по мультимодальному транспортному коридору «Китай-Кыргызстан-Узбекистан». Этот контейнерный поезд курсирует между станциями Ташкент-товарная (Узбекистан) и Ланьчжоу (Китай) и далее через сухой порт Сиань к морским портам Китая, таким как Тяньцзинь, Циндао, Шанхай и Гуанчжоу [2]. Кроме того, запущены контейнерные поезда по маршруту Ташкент (Узбекистан) - Бендер-Аббас и Чебехар (иранские порты) [3].

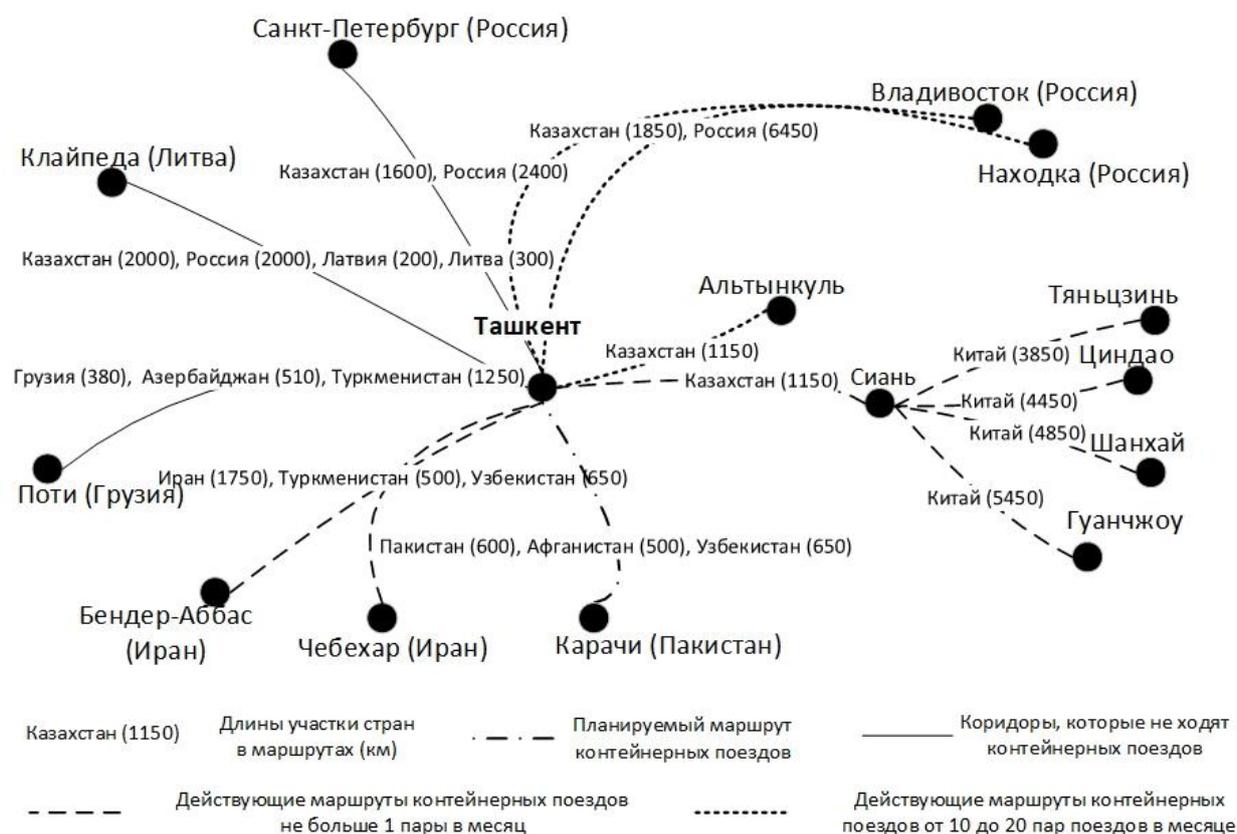


Рис. 1. Маршруты контейнерных блок поездов в Узбекистане

Эти поезда не ходят регулярно. По этим маршрутам ходят поезда в количестве не больше одной пары в месяц. Кроме вышеприведенных портов Узбекистан использует международные порты, такие как Санкт-Петербург, Клайпеда (Латвия) и Потти (Грузия), но к этим портам не курсируют контейнерные блок-поезда, так как перевозка осуществляется грузовыми

вагонами. Известно, что Узбекистан считается аграрно-индустриальной страной, так как Узбекистан с населением 36 млн человек каждый год в среднем экспортирует 1,6 млн т агропродукции, а импортирует больше 3 млн т продуктов питания из зарубежных стран. При этом больше 80% от общего объема грузооборота этих грузов осуществляется с Россией и Казахстаном [4]. В связи с этим, кроме вышеперечисленных контейнерных поездов в Узбекистане запущен специализированный сервис «Агроэкспресс» между агрохабами городов Москвы и Ташкента. Сейчас этот поезд также не курсирует из-за несвоевременного обеспечения грузопотоками. Но такие специализированные поезда постоянно ходят между Москвой и Сианом (Центральный Китай), так как этот маршрут обеспечен достаточным грузопотоком. Анализируя контейнерные блок-поезда Узбекистана и учитывая вышеприведенное, требуются новые подходы к повышению организации таких поездов. А применение при этом Больших данных (Big Data) улучшит функционирование и курсирование контейнерных блок-



поездов Узбекистана.

Рис. 2. Предлагаемые базы Big Data при организации контейнерных блок-поездов

Следовательно, обеспечивая цепи поставок разнообразием информации с высокой скоростью и с большим объемом данных, так как Big Data служит при разработке искусственного интеллекта при организации контейнерных блок-поездов Узбекистана. Исходя из вышеперечисленного, в условиях Узбекистана предлагается новая организационная схема

участников контейнерных блок-поездов с Большими структурными и неструктурными данными, представленная на рисунке 2.

Осуществление мультимодальной перевозки грузов контейнерными блок поездами с применением Big Data приведет к следующим результатам:

- снизит общие затраты по доставке грузов за счет значительного уменьшения перегрузочных работ;

- позволит упростить использование структурированных, слабоструктурированных и неструктурированных данных для принятия решений со стороны лиц, принимающих решения;

- повысит сохранности грузов за счет исключения перегруза самого груза;

- сократит время доставки грузов за счет существенного снижения времени переработки грузов в сортировочных и других станциях, где перерабатываются грузовые поезда;

- даст возможности прикладного анализа с принятием оптимальных решений в цепях поставки;

- уменьшит загрязнение воздуха и экологический вред для окружающей среды;

- дальнейшее применение Big Data будет способствовать разработке искусственного интеллекта при организации контейнерных блок поездов в Узбекистане.

### **Список литературы**

1. Официальная статистика. – Сайт президента Республики Узбекистан – URL: <https://president.uz/ru/lists/view/6561> (дата обращения 07.09.2023).
2. Официальная статистика. – официальный сайт акционерного общества Узбекской железной дороги – URL: [https://railway.uz/ru/informatsionnaya\\_sluzhba/novosti/34328/](https://railway.uz/ru/informatsionnaya_sluzhba/novosti/34328/) (дата обращения 07.09.2023).
3. Официальная статистика. – официальный сайт новостей Узбекистана – URL: <https://buzb.uz/news/7a994ff6-eb61-42a6-96ac-06f242c303b9/> (дата обращения 09.09.2023).
4. Анализ грузопотоков агропродукции из Узбекистана для поездов «Агроэкспресс» / Е.К. Коровяковский, М.Б. Сабуров, С.К. Худайбергенов, Р.Я. Абдуллаев // Анализ и прогнозирование систем управления в промышленности, на транспорте и в логистике. XXIII Международный научно-практической конференции молодых учёных, студентов и аспирантов. – СПб.: Дом учёных им. М. Горького РАН, 2023. – С. 100-103.

**Макеев В.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Финансовый университет при правительстве Российской Федерации*

### **РАБОТА МОДУЛЯ POLICYKIT С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ МЕЖПРОЦЕССНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ D-BUS**

**Аннотация.** Статья посвящена изучению и анализу функционала модуля PolicyKit, использующего систему межпроцессного взаимодействия D-Bus для обеспечения системной политики в современных операционных системах. PolicyKit представляет собой механизм авторизации, позволяющий управлять правами доступа пользователей к различным системным ресурсам. Работа включает в себя исследование принципов взаимодействия модуля PolicyKit с D-Bus, а также рассмотрение практических аспектов его использования для обеспечения безопасности и управления привилегиями в современных окружениях Linux и Unix.

**Ключевые слова:** Linux, Unix, D-Bus, PolicyKit, Python, язык программирования, авторизация, права доступа

**Makeev V.V.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Financial University under the Government of the Russian Federation*

### **OPERATION OF THE POLICYKIT MODULE USING THE INTERPROCESS COMMUNICATION SYSTEM**

**Abstract.** The article is devoted to studying and analysing the functionality of the PolicyKit module, which uses the D-Bus interprocess communication system to provide system policy in modern operating systems. PolicyKit is an authorisation mechanism that allows managing user access rights to various system resources. The work includes a study of the principles of interaction of the PolicyKit module with D-Bus, as well as consideration of practical aspects of its use to provide security and privilege management in modern Linux and Unix environments.

**Keywords:** Linux, Unix, D-Bus, PolicyKit, Python, authorisation, access rights

**Актуальность.** Данная статья актуальна для читателя, потому что информация в открытых источниках на исследуемую отсутствует. Также важно отметить, что для языка программирования Python отсутствуют библиотеки для работы с PolicyKit в отличие от C++. Работа с PolicyKit крайне важна для разработки ПО для UNIX систем, так как работа PolicyKit упрощает процесс авторизации пользователей. Полученные результаты могут пролить свет на эффективное использование данного механизма в контексте системного администрирования и разработки программного обеспечения. Практическая значимость заключается в том, что программисту не обязательно изучать C++ для написания приложения, в котором пользователю необходимо авторизоваться для выполнения каких-

либо действий. Приведенный ниже код позволит средствами Python решить данную задачу. Знакомство с возможностью вызова PolicyKit из Python кода средствами

D-Bus несет в себе теоретическую значимость статьи.

**Введение.** В современных операционных системах, включая Linux и Unix, обеспечение безопасности и управление привилегиями является критическим аспектом. Одним из ключевых механизмов, предназначенных для решения данных задач, является модуль PolicyKit, использующий систему D-Bus для своего функционирования. PolicyKit предоставляет эффективный механизм авторизации, позволяя управлять доступом пользователей к системным ресурсам. D-Bus - это система межпроцессного взаимодействия (IPC), которая позволяет различным приложениям взаимодействовать между собой в рамках операционной системы Linux. Он предоставляет механизм для отправки сообщений между процессами в пределах одного компьютера или даже между процессами на разных компьютерах в сети.

Работа направлена на исследование функционала и разработку собственного модуля PolicyKit по протоколу D-Bus. В ходе исследования будет рассмотрено взаимодействие модуля с D-Bus, анализ его ключевых функциональных особенностей и практических применений в сфере обеспечения безопасности операционных систем. Проанализированные аспекты могут предоставить ценные знания для системных администраторов, разработчиков и всех, кто заинтересован в оптимизации процессов управления привилегиями и обеспечении целостности системной политики. Работа автора позволяет расширить возможности языка программирования Python в сфере разработки операционных систем.

**Состав программного модуля.** Начнем со структуры модуля. В системе должны быть следующие файлы для корректной работы модуля, где ru.example.HelloWorld.conf - это его название:

- /usr/share/dbus-1/system.d/ru.example.HelloWorld.conf ;
- /usr/share/polkit-1/actions/ru.example.HelloWorld.policy;
- /etc/systemd/system/ru.example.HelloWorld.service.

Файл ru.example.HelloWorld.conf является файлом конфигурации для D-Bus системы. Данный файл содержит в себе следующее:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE busconfig PUBLIC "-//freedesktop//DTD D-BUS Bus
Configuration 1.0//EN"
"http://www.freedesktop.org/standards/dbus/1.0/busconfig.dtd">
<busconfig>
  <type>system</type>
  <!-- Only root can own the service -->
  <policy user="root">
    <allow own="ru.example.HelloWorld"/>
    <allow send_destination="ru.example.HelloWorld"/>
    <allow send_interface="ru.example.HelloWorld"/>
  </policy>
</busconfig>
```

```

</policy><!-- Allow anyone to invoke methods on the interfaces -->
<policy context="default">
  <allow send_destination="ru.example.HelloWorld"/>
  <allow send_interface="ru.example.HelloWorld"/>
</policy>
</busconfig>

```

**Файл ru.example.HelloWorld.policy представляет собой файл политики для системы PolicyKit в Linux. В него положим следующее содержание:**

```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<!DOCTYPE policyconfig PUBLIC "-//freedesktop//DTD PolicyKit Policy
Configuration 1.0//EN"
"http://www.freedesktop.org/standards/PolicyKit/1/policyconfig.dtd">
<policyconfig>
  <action id="ru.example.HelloWorld">
    <defaults>
      <allow_any>auth_admin</allow_any>
      <allow_inactive>auth_admin</allow_inactive>
      <allow_active>auth_admin</allow_active>
    </defaults>
    <annotate key="org.freedesktop.policykit.exec.path">python3
/home/user/dbus_example.py</annotate>
  </action>
</policyconfig>

```

**Файл ru.example.HelloWorld.service является файлом для запуска сервиса, который содержит следующее:**

```

[Unit]
Description=Start dbus example

[Service]
ExecStart=/usr/bin/python3 /home/user/dbus_example.py
User=root
StandardOutput=file:/var/log/dbus_example.log
StandardError=file:/var/log/dbus_example..log

[Install]
WantedBy=multi-user.target

```

**Реализация на ЯП Python.** Код для связи приложения с PolicyKit средствами D-Bus будет написан на языке Python.

```

# Импорт библиотек
import dbus
import dbus.service
from dbus.mainloop.glib import DBusGMainLoop
from gi.repository import GLib

# Определение класса HelloWorld
class HelloWorld(dbus.service.Object):
    def __init__(self, conn, object_path):
        super().__init__(conn, object_path)
        # Получение интерфейса D-Bus для информации о D-Bus

```

```

        self._dbus_info =
dbus.Interface(conn.get_object("org.freedesktop.DBus",
"/org/freedesktop/DBus/Bus", False),
                "org.freedesktop.DBus")

# D-Bus метод для записи информации в файл

@dbus.service.method(dbus_interface="ru.example.HelloWorldInterface",
in_signature="s",
    out_signature="i", sender_keyword="sender",
connection_keyword="conn")
def write_info(self, string, sender=None, conn=None):
    # Проверка привилегий с использованием Polkit
    if self._check_polkit_privilege(sender, conn):
        # Ваш код для записи в файл
        with open('/test.txt', 'a') as file:
            file.write(f'{string}\n')
        return 1
    else:
        # В случае отсутствия привилегий генерируем ошибку доступа
        raise
dbus.DBusException("org.freedesktop.DBus.Error.AccessDenied",
                    "You do not have the necessary
privileges to perform this operation.")

# Приватный метод для проверки привилегий с использованием Polkit
def _check_polkit_privilege(self, sender, conn):
    # Получение идентификатора процесса отправителя
    pid = self._dbus_info.GetConnectionUnixProcessID(sender)

# Инициализация интерфейса Polkit
polkit = dbus.Interface(dbus.SystemBus().get_object(
    "org.freedesktop.PolicyKit1",
    "/org/freedesktop/PolicyKit1/Authority", False),
    "org.freedesktop.PolicyKit1.Authority")
try:
    # Проверка авторизации с использованием Polkit
    auth_response = polkit.CheckAuthorization(
        ("unix-process", {"pid": dbus.UInt32(pid,
variant_level=1),
                        "start-time": dbus.UInt64(0,
variant_level=1)}),
        "ru.example.HelloWorld", {"AllowUserInteraction":
"true"}, dbus.UInt32(1), "", timeout=600)
    (is_auth, _, _) = auth_response
except dbus.DBusException as e:
    print(e)
    # Обработка исключения, связанного с отсутствием службы
Polkit
    if e._dbus_error_name ==
"org.freedesktop.DBus.Error.ServiceUnknown":
        polkit = None
        return self._check_polkit_privilege(sender, conn)
    else:
        raise

```

```

    # Возвращаем результат проверки привилегий
    return is_auth

# Блок выполнения при запуске скрипта
if __name__ == "__main__":
    # Инициализация цикла GLib
    DBusGMainLoop(set_as_default=True)
    # Подключение к D-Bus системной шине
    bus = dbus.SystemBus()
    # Создание имени D-Bus сервиса "ru.example>HelloWorld"
    name = dbus.service.BusName("ru.example>HelloWorld", bus)
    # Создание объекта HelloWorld
    helloworld = HelloWorld(bus, "/HelloWorld")
    # Запуск цикла GLib для обработки событий D-Bus
    mainloop = GLib.MainLoop()
    mainloop.run()

```

После необходимо запустить наш сервис, делается это с помощью команды:

```

sudo systemctl enable ru.example>HelloWorld.service
sudo systemctl start ru.example>HelloWorld.service

```

Итак, чтобы проверить работу нашего модуля, введем команду:

```

dbus-send --system --type=method_call --print-reply --
dest=ru.example>HelloWorld /HelloWorld
ru.example>HelloWorldInterface.write_info string:"Тестовая строка"

```

Если все было сделано правильно, то после выполнения команды появится окно PolicyKit, и после успешного ввода пароля, строка, переданная вами в команде выше, запишется в файл, который вы указывали в файле `dbus_example.py`.

**Аналоги.** В качестве альтернативы может выступать утилита `pkexec`. `pkexec` — утилита командной строки, которая позволяет запускать произвольные команды с повышенными привилегиями, в соответствии с политиками, настроенными в PolicyKit. Как правило, `pkexec` используется для запуска команд, требующих привилегий суперпользователя (`root`) или других привилегированных пользователей, с учетом политик, определенных в PolicyKit. Ключевое отличие приведенного в статье примера от `pkexec` в том, что с помощью `d-bus` можно вызывать окно авторизации на конкретные функции вашего кода. В то время, как `pkexec` позволит вам вызывать окно авторизации только перед выполнением вашего приложения целиком.

**Заключение.** Приведенный код Python представляет пример использования D-Bus и PolicyKit для реализации безопасного механизма записи в файл. Анализ функционала кода позволяет понять, как эти инструменты интегрируются в систему, и как обеспечивается контроль доступа к функционалу.

Развитие модуля PolicyKit на Python может также способствовать улучшению удобства использования для конечных пользователей.

Пользователи смогут более просто и понятно настраивать правила доступа к различным операциям и ресурсам системы, что повысит уровень безопасности и удовлетворенность пользователей. Направление развития кода автора заключается в повышении читабельности и удобства использования D-Bus путем написания API для более интуитивной отправки сигналов от приложения к приложению с помощью Python [1, 2, 3].

Подход автора помогает использовать средства D-Bus на популярном, на момент написания статьи, языке программирования Python, которому с каждым днем все больше уделяется внимания в сфере разработки ОС и ПО. Автором впервые представлена реализация связи приложения с PolicyKit средствами D-Bus на языке Python.

### **Список литературы**

1. D-Bus Specification: Официальная спецификация протокола D-Bus, доступная на официальном сайте D-Bus: <https://dbus.freedesktop.org/doc/dbus-specification.html>
2. D-Bus Tutorial: Официальное руководство по использованию D-Bus с примерами кода на различных языках программирования: <https://dbus.freedesktop.org/doc/dbus-tutorial.html>
3. PolicyKit Documentation: Документация по PolicyKit, доступная на официальном сайте freedesktop.org, включая руководства по использованию и API: <https://www.freedesktop.org/wiki/Software/polkit/>

**Международный  
научно-практический IT-форум  
«ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ  
И ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ: АНАЛИЗ ОПЫТА  
И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ»**

---

**Секция 3.  
Интеллектуальные  
технологии на транспорте,  
информационная  
безопасность и квантовые  
вычисления**

УДК 004.9:004.421:624.07(075.8)

**Володченко Д.Г.<sup>1</sup>, Агаджанян А.Н.<sup>1</sup>, Алексеев Р.Д.<sup>1</sup>, Титов Г.И.<sup>1</sup>, Цабадзе С.Р.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I*

## **ИНФОРМАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ЦИФРОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ: РОЛЬ РОССИЙСКОГО ПО**

**Аннотация.** В статье проанализирована ситуация на рынке отечественного программного обеспечения строительной отрасли, с точки зрения его применимости для технологии информационного моделирования. Предложены варианты повышения уровня использования, в том числе за счет подготовки студентов к работе с системами общих данных.

**Ключевые слова:** технологии информационного моделирования, архитектурно-строительное проектирование, сводная информационная модель, комплексное проектирование, среда общих данных

**Volodchenko D.G.<sup>1</sup>, Agadzhanyan A.N.<sup>1</sup>, Alekseev R.D.<sup>1</sup>, Titov G.I.<sup>1</sup>,  
Tsabadze S.R.<sup>1</sup>**

*<sup>1</sup> Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

## **BUILDING INFORMATION MODELING AND DIGITAL TECHNOLOGIES IN CONSTRUCTION: THE ROLE OF THE RUSSIAN SOFTWARE**

**Abstract.** The article analyzes the situation in the domestic software market of the construction industry, considering its applicability to Building Information Modeling (BIM) technology. Various options for increasing the utilization level are suggested, including enhancing students' preparation for working with common data systems.

**Keywords:** building information modeling, architectural and structural design, consolidated information model, integrated design, common data environment

**Введение.** Цифровая трансформация строительной отрасли является существенной частью общей цифровизации экономики.

Внедрение технологий информационного моделирования (ТИМ) в проектировании и строительстве происходит стремительными темпами. Цифровые технологии упрощают и ускоряют процессы проектирования, строительства и эксплуатации объектов, с их использованием сокращается количество ошибок и объем затрат [1]. Наиболее значимый экономический эффект может быть достигнут на стадии эксплуатации. Однако преимущества проявляются на всех стадиях жизненного цикла объекта.

Информационное моделирование – это подход к проектированию, строительству и эксплуатации, основанный на создании виртуальной модели (цифрового двойника) здания или линейного объекта, в которой содержится

необходимая информация, включающая геометрию, конструкции, материалы, системы инженерии и многое другое. Визуальное представление объекта в виде параметрической 3D модели позволяет воспринимать информацию в наиболее доступном и наглядном виде. Особенность данного подхода еще и в том, что каждый участник процесса не создает свою часть информации «с нуля», а наполняет информацией общую модель, что положительно сказывается на качестве и трудоёмкости.

На практике в создании объекта капитального строительства на разных этапах жизненного цикла участвует большое количество специалистов, создающих необходимую информацию по объекту в различных видах и форматах, в силу специфики их задач [2]. Навыки наполнения модели данными и использования их, а также управления данными на всех этапах жизненного цикла объекта очень важны для современного специалиста строительной отрасли.

**Анализ программного обеспечения для строительства.** До недавнего времени для информационного моделирования в нашей стране преимущественно использовалось программное обеспечение зарубежных компаний (Autodesk, Bentley, Nemetschek и др.). Для применения в Российской Федерации была необходима существенная адаптация под нормативную базу. В связи с уходом из РФ зарубежных вендоров отечественное ПО имеет все предпосылки для ещё большего развития как отрасли, так и экономики в целом.

Очевидными преимуществами российского ПО являются: соответствие существующим нормативным документам, высокая совместимость с другими программными продуктами, используемыми в строительном процессе, доступность кодов программ и возможность их корректировки с учётом пожеланий русских пользователей, а также более низкая стоимость в сравнении с зарубежными аналогами.

Разработка проектной документации [3], последующее ее согласование в органах экспертизы, является обязательным элементом жизненного цикла объекта капитального строительства.

Был проведен выборочный анализ возможностей российских программ. Результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 1 — Программное обеспечение для строительства

№ п/п	Разделы	ПО	Наличие студенческой версии	Формат файлов	Наличие 3D
1.	Строительный генеральный план	Model Studio CS Генплан	+	dwg	+
		Кредо Генплан	-	dwg	+
2.	Архитектурный раздел	Renga	+	dwg, ifc	+
		Архитектура АС/АР(Компас-3D)	+	dwg,dxf	+

3.	Конструктивный раздел	NanoCAD BIM конструкции	+	dwg, ifc	+
		Сапфир		spf	+
4.	Конструктивные расчёты	SCAD Office	-	dxg, dwg, ifc, spr	+
		Лира	+	dxg	+
		СТАРКОН	-	dxg	+
5.	Инженерные сети	Renga	+	dwg, ifc	+
		Топоматик Robur – Инженерные Сети	-	sfc	+
6.	Строительная площадка	Адепт: Управление строительством	+	xml, ifc	+
		PlanWIZARD	-	xml	-
7.	Сметы	1С:СМЕТА	-	xml	-
		Гектор: Сметчик-строитель	-	xml	-
8.	Эксплуатация	Техзор	-	xlsx/pdf	+
		SODIS BUILDING FM	-	Ifc, xml	+

Необходимо отметить, что, несмотря на то, что многие САПР поддерживают обменные форматы и позиционируются как пригодные для BIM-проектирования, на практике все не так гладко. Например, при передаче схем несущих конструкций из Renga в SCAD, информация переносится не полностью, со значительными ограничениями. Это в первую очередь связано с использованием несогласованных классификаторов или отсутствием качественного транслятора данных.

**Консолидация результатов работы различных САПР в единую цифровую модель.** При создании цифровой информационной модели [3] объединяется трехмерная модель объекта и база сведений по ней. Для этого необходимо использовать среду общих данных (СОД). СОД представляет собой хранилище, в котором находится вся необходимая для участников проекта информация об объекте. Внутри могут быть реализованы проверки на коллизии, анализ данных, ролевой доступ к информации и многое другое.

Обработка данных будет тем успешней, чем более стандартизирован будет их формат [4].

Данные задачи могут быть выполнены в экспертной системе РусБИМэксперт, а также pilot bim, дом.рф или S-INFO. Так как на сегодняшний день учебную лицензию для освоения среды общих данных предлагает лишь S-INFO, далее подробно рассмотрен функционал именно данной СОД.

Помимо сборки сводной модели, настройки её отображения, контроля процессов на всех стадиях жизненного цикла проекта, прикрепления документов к элементам, в программе также есть возможность просмотра модели в режиме виртуальной реальности, реализован внутренний чат для коммуникации пользователей, разграничены режимы доступа, присутствуют

маркеры и статусы. Немаловажным преимуществом S-INFO является возможность просмотра модели на любом устройстве – от мощного персонального компьютера до смартфона. Это позволяет в любой ситуации иметь доступ к наиболее актуальной информации и контролировать сроки. Разработчики данного программного комплекса также готовы сотрудничать с высшими учебными заведениями.

В России на данный момент лишь 19% застройщиков используют ТИМ в своей работе. Это очень низкий показатель, потому как в Великобритании и Германии этот показатель достигает более 70%, а в некоторых других европейских странах более 25%. Одной из причин подобной инерции является недостаточная подготовка кадров.

Некоторые отечественные вендоры предоставляют студенческие лицензии, что является благоприятным фактором для укрепления российского ПО. Комплексное проектирование, то есть разработка нескольких разделов документации по одному объекту – наиболее приближенный к реальности подход, и применение его в учебном процессе позволит выпускникам проще и полнее включиться в рабочий процесс при начале трудовой деятельности. Также, освоение студентами строительных специальностей навыков совместной работы и работы в средах общих данных, является необходимым для реализации принципов ТИМ.

**Выводы.** Вектор развития программного обеспечения для строительства в целом соответствует концепции ТИМ. Для более успешной цифровой трансформации строительной области необходимы:

- разработка стандарта ТИМ с вовлечением всех заинтересованных участников – вендоров ПО, проектировщиков, строителей и т.д.;
- развитие потенциала интероперабельности ПО в виде поддержки открытых обменных форматов (\*.ifc, или аналогов) и применения открытых программных интерфейсов (API);
- подготовка в строительных вузах кадров в парадигмах комплексного проектирования с применением сред общих данных.

### Список литературы

1. Горбова И.Н., Аванесова Р.Р., Мусаев М.М. Цифровая трансформация строительной отрасли России // Вестник Академии знаний. - 2023. - №2(55). - С. 46-51.
2. СП 333.1325800.2020. «Правила формирования информационной модели объектов на различных стадиях жизненного цикла». Утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. N 928/ пр. и введен в действие с 1 июля 2021 г. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/5de/SP-333.1325800.2020.pdf> (дата обращения: 01.11.2023). – Режим доступа: свободный.
3. Постановление Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 г. N 87 "О составе разделов проектной документации и требованиях к их содержанию" (с изменениями на 15 июля 2021 года : официальное издание : Утверждено Постановлением Правительства Российской Федерации от 16 февраля 2008 года :

введено в действие 16.02.08. – Москва : Стандартинформ, 2021 – 60 с– Текст: электронный // КонсультантПлюс. – URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_75048/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_75048/) (дата обращения: 01.11.2023). – Режим доступа: свободный.

4. СП 328.1325800.2020. Информационное моделирование в строительстве. Правила описания компонентов информационной модели : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : принят приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 31 декабря 2020 г. N 927 : введен впервые : дата введения 2021-07-01 / разработан НИУ МГАСУ, ЧУ ГК «Росатом» «ОЦСК». – Москва, 2020. –21 с. – Текст: электронный // Минстрой России. Стройкомплекс России. – URL: <https://minstroyrf.gov.ru/docs/119943/> (дата обращения: 01.11.2023). – Режим доступа: свободный.

*Статья представлена заведующим кафедрой «Строительные конструкции, здания и сооружения» ФГБОУ ВО ПГУПС доктором технических наук, профессором П.А. Пегиным.*

УДК 005.572:004

**Сайбель А.Г.<sup>1</sup>, Перов Д.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Северо-Западный региональный центр Концерна ВКО «Алмаз–Антей» – Обуховский завод»*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИТЕРАТИВНОЙ ОБРАБОТКЕ СИГНАЛОВ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ**

**Аннотация.** Статья посвящена описанию этапов формирования цифровых технологий и практических примеров применения обработки сигналов во временной области, определены направления развития способов обработки на основе итеративной процедуры корректировки опорной функции или импульсной характеристики избирательных каналов обработки.

**Ключевые слова:** цифровые данные, канал обработки, обнаружение сигнала, измерение параметров

**Saybel A.G.<sup>1</sup>, Perov D.A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *North-West Regional Center of the Concern VKO «Almaz-Antey» – Obukhov Plant»*

## **APPLICATION OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN ITERATIVE SIGNAL PROCESSING IN THE TIME DOMAIN**

**Abstract.** The article is devoted to a description of the stages of the formation of digital technologies and practical examples of the application of signal processing in the time domain; directions for the development of processing methods are determined based on the iterative procedure for adjusting the reference function or impulse response of selective processing channels.

**Keywords:** digital data, processing channel, signal detection, parameter measurement

**Введение.** Современная промышленная цивилизация опирается на технологический фундамент, включающий научные основы вековой давности.

На заре формирования радиосвязи в двадцатые годы прошлого столетия Гарри Найквист экспериментально обнаружил, что повышение частоты следования импульсов по каналу электросвязи приводит к снижению качества приема, заложив основы теоретического положения об ограничении числа независимых импульсов, которые могут быть переданы в единицу времени без искажений, двойной шириной частотного диапазона канала связи, названной впоследствии в его честь.

Развивая данное направление, в 1928 году Ральф Винтон Лайон Хартли сформулировал закон: «общий объем информации, которая может быть передана по каналу, пропорционален его частотному диапазону и времени передачи».

Владимир Александрович Котельников в 1933 году доказал, что любую функцию, состоящую из частот от 0 до  $F$ , можно непрерывно передавать с любой точностью при помощи чисел, следующих друг за другом менее чем через  $1/(2F)$  секунд.

В середине сороковых Клод Элвуд Шеннон опубликовал работу «Теория связи в секретных системах», рассекреченную в 1949 году, которая послужила началом обширных исследований в теории кодирования, шифрования и передачи информации. Именно тогда был придуман наш цифровой мир, до создания которого оставались еще десятилетия по причинам отсутствия технологических возможностей реализации теории.

В 1956 году Уильям Шокли, Уолтер Браттейн и Джон Бардин были награждены Нобелевской премией по физике «за исследования полупроводников и открытие транзисторного эффекта». Через два года появилась первая микросхема, и через двадцать лет непрерывного развития микроэлектроника стала существенной частью не только профессиональной деятельности, но и быта.

В 90-е годы мобильная связь становится массовой, развитие цифровых каналов связи способствует расширению персональных телекоммуникационных возможностей и приводит к новым явлениям, названным Николасом Негропonte в 1995 году «цифровой экономикой», в которой «оперируют битами вместо атомов».

**Противоречия цифрового настоящего.** В уже ставшем привычным цифровом мире локальные состояния вещества (рис. 1) имеют потребительскую ценность наряду с вещественными объектами. Прилагательное «цифровой» стало синонимом современности.

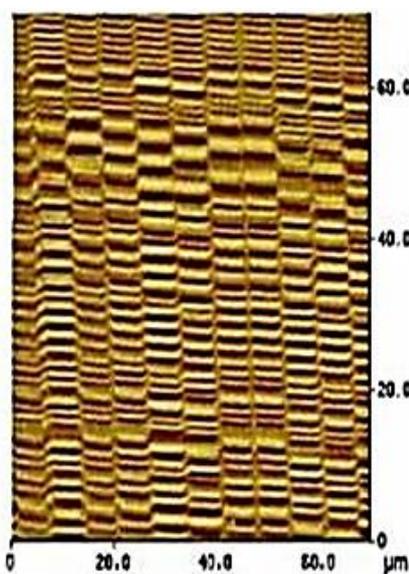


Рис. 1. МСМ-изображение поверхности диска

Революционные изменения в информационной сфере уверенно соседствуют с научными методами середины прошлого века, когда основным

инструментом исследователя и разработчика являлись бумага и карандаш [1-5]. Современные возможности создания цифровых моделей объектов исследования не всегда используются в полной мере. Например, зачастую, рассчитанная диаграмма направленности антенной системы (рис. 2) в дальнейших расчетах представляется только традиционным вектором характеристик, хотя в ряде областей техники новые возможности активно используются, например, в светотехнике фотометрическое тело светильника у ряда производителей стало элементом его описания в виде *LED*-файла.

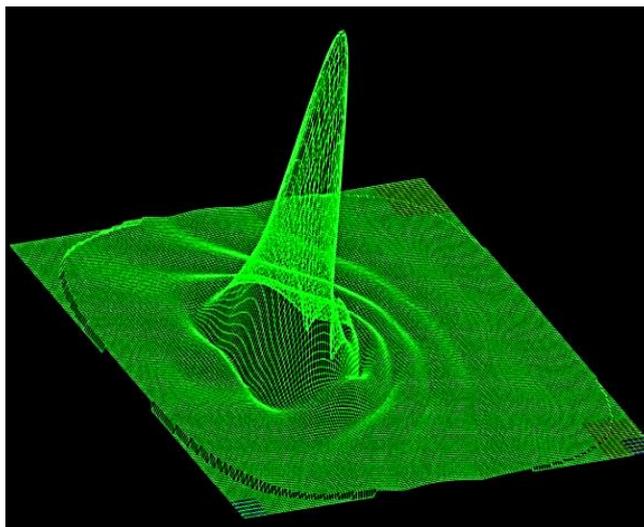


Рис. 2. Модель диаграммы направленности антенной системы

В ряде случаев цифровые технологии используются для реализации классических аналоговых методов, без учета специфики их разработки и границ применимости, упуская возможности совершенствования, даваемые новыми технологиями.

В системах обнаружения и обработки сигналов традиционными являются две группы методов, основанных на одновременном и последовательном поиске, реализуемых набором фильтров с фиксированными параметрами или фильтром с переменными характеристиками соответственно (при этом под фильтром в расширенной трактовке понимается избирательное по некоторому параметру сигнала устройство).

Рассматривая приемник (рис. 3) как преобразователь аналогового входного электрического или электромагнитного воздействия в битовый поток, обработчик можно рассматривать как устройство распознавания входного воздействия при решении задач верификации, классификации, кластеризации или измерения и формирования выходных данных о виде и параметрах воздействия.

В силу того, что данные на вход обработчика поступают дискретно с интервалом  $t_d$ , обработка потока должна быть организована с учетом такой порционности. В зависимости от предъявляемых требований и ряда

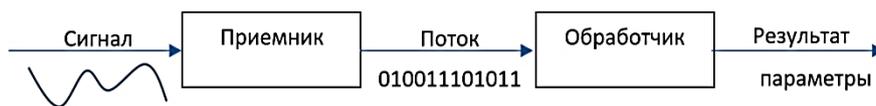


Рис. 3. Модель цифрового радиомодуля

технических факторов обработка может осуществляться так, что результат формируется за время  $t_{обр} \leq t_d$ . Растущие вычислительные возможности позволяют прогнозировать наличие ситуации  $t_{обр} \ll t_d$ , что при отсутствии жестких ограничений на оперативность принятия решения позволяет избыточный ресурс конвертировать в качество результата за счет итеративности обработки входных данных в соответствии с принципом, иллюстрируемым рисунком 4.

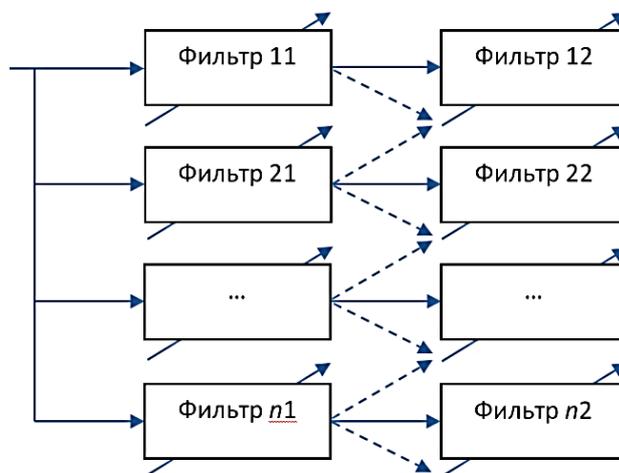


Рис. 4. Схема адаптивного радиомодуля

Таким образом, достигнутый уровень развития цифровой техники позволяет выделить в качестве самостоятельного направления исследований разработку радиоматематических способов итеративной обработки сигналов, развитие которых должно способствовать формированию теоретического базиса для создания инструментария цифровой обработки сигналов, оптимизированной к конкретным условиям применения и предъявляемым пользователем требованиям.

**Подходы к формированию оценок.** На практике, как правило, обработка входного процесса в пределах интервала приема сводится к формированию корреляционных сумм (корреляционных интегралов) для каждого канала, или к согласованной фильтрации входного процесса. При этом опорная функция коррелятора и весовая функция согласованного фильтра полностью определяются функцией модуляции известного сигнала (зондирующего или информационной посылки) и постоянны в пределах интервала приема. Указанная обработка, являясь оптимальной в отсутствие мешающих отражений, дает весьма плохие результаты при наличии последних (особенно в случае моностатических РЛС и большом различии в уровнях полезного и мешающих сигналов).

В качестве одного из путей поиска новых технических и алгоритмических решений возможно рассмотреть корректировку опорной функции или импульсной характеристики в итеративном процессе обработки входного воздействия.

Наработанные инструменты оптимального обнаружения сигнала построены на принципе сравнения принятого сигнала с эталоном. В ходе развития такого подхода в основе лежал способ, основанный на использовании идентичных генераторов на передающей и приемной стороне, что обеспечивало успешное решение задачи в идеализированном варианте при достаточной простоте реализации. Оптимизация качества обнаружения осуществляется за счет синхронизации и синтонизации принятого сигнала с опорным колебанием путем многоканальности или подбором параметров одного канала.

На практике принимаемый сигнал отличается от излученного вследствие влияния нелинейностей радиотрактов, среды распространения и многолучевости, что снижает адекватность применяемой идеализированной модели реальным условиям.

Кроме того, детальное рассмотрение процедуры вычисления корреляционного интеграла позволяет констатировать, что вклад суммируемых элементов в итоговое значение не является одинаковым. При этом сумма  $K = s_1(s'_1 + \xi_1) + s_2(s'_2 + \xi_2) + \dots + s_n(s'_n + \xi_n)$ , где  $s_1$  – опорная функция,  $s'_1 + \xi_1$  – поступившая сигнально-шумовая сумма, представляет собой сумму случайных величин, описываемых распределениями продукта (с ограничением, что последовательность  $\hat{s}_i$  является цепью Маркова). Распределения  $\hat{s}_i$  и  $\hat{s}_i \hat{s}'_i$  имеют вид, близкий по форме к бимодальному распределению Радемахера, что приводит к обострению закона распределения  $\hat{s}_i \hat{\xi}_i$ . Предобработка потоков указанных продуктов позволяет варьировать параметры результирующего сложения. Доступность таких операций при использовании цифровых методов позволяет исследовать возможности итеративных преобразований промежуточных результатов обработки во временной области в направлении поиска новых эффектов, способствующих повышению результативности выполняемых процедур.

**Заключение.** Использование технологий обработки потоков цифровых данных позволяет провести глубокий анализ обработки сигналов на основе итеративных процедур. Приведенные примеры не только наглядно демонстрируют, как эффективно использовать цифровые технологии, но и служат основой для прогнозирования динамики их развития. Таким образом, цифровые технологии при итеративной обработке сигналов во временной области открывают новые направления развития радиотехнических способов обработки сигналов.

### **Список литературы**

1. Ширман Я.Д. Разрешение и сжатие сигналов. Москва: Советское радио, 1974. 360 с.
2. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. Москва: Радио и связь, 1981. 416 с.
3. Абрамович Ю.И. Компенсационные методы разрешения широкополосных сигналов // Радиотехника и электроника. 1978. т. XXIII, №1. С.14-21.
4. Рабинер Л., Гоулд Б. Теория и применение цифровой обработки сигналов. Москва: Мир, 1978. 846 с.
5. Сколник М. Справочник по радиолокации. Том 1. Основы радиолокации. Москва: Сов. радио, 1976. 456 с.

**Добринина М.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Финансовый Университет при Правительстве РФ*

## **КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ ИНВЕСТИЦИОННОГО ПОРТФЕЛЯ**

**Аннотация.** В работе отмечается, что применение квантовых вычислений при оптимизации инвестиционного портфеля дает возможность ускорить процесс выполнения расчетов, что дает право считать данный инструмент более эффективным в сравнении с классическими вычислительными алгоритмами. В качестве алгоритма анализа больших данных и поиска оптимальных инвестиционных стратегий, отличающихся более высокой точностью и скоростью, рекомендуется использовать алгоритм квантовой приближенной оптимизации (QAOA).

**Ключевые слова:** квантовые алгоритмы, алгоритм квантовой приближенной оптимизации, квантовая оптимизация, доходность, риск

**Dobrina M.V.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Financial University under the Government of the Russian Federation*

## **QUANTUM COMPUTING AS AN INVESTMENT PORTFOLIO OPTIMIZATION TOOL**

**Abstract.** The author noted that the use of quantum computing in optimizing the investment portfolio makes it possible to speed up the calculation process, which gives the right to consider this tool more effective in comparison with classical computational algorithms in this paper. It is recommended to use the quantum approximate optimization algorithm (QAOA) as an algorithm for analyzing big data and searching for optimal investment strategies with higher accuracy and speed.

**Keywords:** quantum algorithms, quantum approximate optimization algorithm, quantum optimization, profitability, risk

В настоящее время оптимизация инвестиционного портфеля считается ключевой финансовой задачей. Процесс оптимизации инвестиционного портфеля простыми словами – это формирование инвестиционного портфеля, а затем оптимизация доходности инвестиционного портфеля с учетом риска.

Классическая форма оптимизации инвестиционного портфеля включает в себя применение сложных алгоритмов для анализа исторических рыночных данных и выбора оптимальных инвестиционных стратегий на базе допустимого риска, согласно выбранным инвестиционным целям.

Применение квантовых вычислений для оптимизации инвестиционного портфеля является мощным инструментом, который

работает быстрее и эффективнее в сравнении с другими классическими методами. Это объясняется тем, что квантовые алгоритмы дают возможность анализировать внушительные объемы данных (большие данные) и выбирать более сложные инвестиционные стратегии, что дает более привлекательные инвестиционные итоги. Также использование квантовых вычислений при оптимизации инвестиционного портфеля позволяет обрабатывать несколько инвестиционных целей и ограничений одновременно. Квантовые вычисления могут позволить решать задачи, которые практически невыполнимы на классических компьютерах.

Несмотря на заметные преимущества, применение квантовых вычислений для оптимизации инвестиционного портфеля имеет и явные недостатки. К таким минусам следует отнести: дорогая стоимость квантового оборудования, потребность в специальных навыках и знаниях по работе с квантовыми инструментами, в том числе умение грамотно интерпретировать полученные результаты для выбора инвестиционной стратегии. Особенно это распространяется на небольших индивидуальных инвесторов, стремящихся самостоятельно максимизировать свою прибыль.

Очевидно, что квантовая оптимизация инвестиционного портфеля может стать революционным инструментом формирования и управления инвестиционным портфелем.

Рассмотрим подробнее особенности использования квантовых вычислений для оптимизации инвестиционного портфеля.

Алгоритмы квантовой оптимизации - это квантовые алгоритмы, применяемые при решении оптимизационных задач.

Квантовые алгоритмы, такие как алгоритм квантовой приближенной оптимизации (QAOA), можно использовать для анализа больших наборов данных и определения оптимальных инвестиционных стратегий с большей точностью и скоростью.

Математическая оптимизация направлена на поиск наилучшего решения проблемы (согласно некоторым критериям) из набора возможных решений.

Чаще всего, оптимизационная задача строится как задача минимизации ошибки, зависящей от выбранного решения. Очевидно, что оптимальное решение имеет минимальную ошибку.

При выполнении квантовых вычислений применяется квантовая подгонка данных.

Уточним, что подгонка данных представляет собой процесс формирования математической функции, которая наилучшим образом соответствует выбранному набору точек данных.

Качество подгонки измеряется некоторыми критериями. Чаще всего, таким критерием выступает расстояние между функцией и точками данных.

Одним из наиболее распространенных типов подгонки данных является решение задачи наименьших квадратов, минимизирующей сумму квадратов разностей между точками данных и подобранной функцией.

Алгоритму задаются  $N$  точки входных данных  $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_N, y_N)$  и  $M$  непрерывные функции  $f_1, f_2, \dots, f_M$ . Алгоритм находит и выдает на выходе непрерывную функцию  $f_{\vec{\lambda}}$  которая является линейной комбинацией  $f_j$ :

$$f_{\vec{\lambda}}(x) = \sum_{j=1}^M f_j(x)\lambda_j.$$

Иначе говоря, алгоритм находит комплексные коэффициенты  $\lambda_j$  и, следовательно, вектор  $\vec{\lambda} = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_M)$ . Алгоритм направлен на минимизацию ошибки, которая задается как

$$E = \sum_{i=1}^N [f_{\vec{\lambda}}(x_i) - y_i]^2 = \sum_{i=1}^N \left| \sum_{j=1}^M f_j(x_i)\lambda_j - y_i \right|^2 = [F\vec{\lambda} - \vec{y}]^2,$$

где  $F$  — это матрица

$$F = \begin{pmatrix} f_1(x_1) & \dots & f_M(x_1) \\ f_1(x_2) & \dots & f_M(x_2) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ f_1(x_N) & \dots & f_M(x_N) \end{pmatrix}.$$

Квантовый алгоритм подбора наименьших квадратов применяет вариант квантового алгоритма Харроу, Хасидима и Ллойда [1] для линейных систем уравнений и выводит коэффициенты  $\lambda_i$  и оценку качества подбора  $E$ . Он состоит из трех подпрограмм: алгоритма для выполнения псевдо-обратной операции, одной подпрограммы для оценки качества подгонки и алгоритма для изучения параметров подгонки. Так как квантовый алгоритм строится на алгоритме ННЛ, он включает экспоненциальное улучшение в случае, когда  $F$  он разрежен, а число условий (а именно, отношение между наибольшим и наименьшим собственными значениями) обоих  $F\hat{F}$  и  $\hat{F}F$  незначительно.

Перейдем к квантовому полуопределенному программированию.

Поясним, что полуопределенное программирование (SDP) - это раздел оптимизации, посвященный оптимизации линейной целевой функции (заданной пользователем функции, подлежащей минимизации или максимизации) по пересечению конуса положительных полуопределенных матриц с аффинным пространством. Целевая функция представляет собой внутреннее произведение матрицы  $C$  (заданной в качестве входных данных) на переменную  $X$ .

Обозначим  $S^n$  пространство всех  $n \times n$  симметричных матриц. Переменная  $X$  должна лежать в (замкнутом выпуклом) конусе положительных полуопределенных симметричных матриц  $S_+^n$  [2]. Внутреннее произведение двух матриц определяется как

$$\langle A, B \rangle_{S^n} = \text{tr}(A^T B) = \sum_{i=1, j=1}^n A_{ij} B_{ij}.$$

Задача может иметь дополнительные ограничения (заданные как входные данные), также обычно формулируемые как внутренние продукты. Каждое ограничение заставляет внутреннее произведение матриц  $A_k$  (входные данные) с оптимизационной переменной  $X$  быть меньше заданного значения  $b_k$  (заданные входные данные). Наконец, задачу SDP можно записать в виде:

$$\begin{aligned} & \min_{X \in S^n} \langle C, X \rangle_{S^n} \\ & \text{subject to } \langle A_k, X \rangle_{S^n} \leq b_k, k = 1, \dots, m. \end{aligned}$$

Уточним, что у традиционного алгоритма есть заметный недостаток: он не реализуется безоговорочно за полиномиальное время. Данная проблема осуществимости либо находится за гранями классового объединения сложности NP и co-NP, либо на пересечении NP и co-NP [3].

Рассмотрим подробнее квантовый алгоритм.

Заметим, что входными данными алгоритма являются  $A_1, \dots, A_m, C, b_1, \dots, b_m$  и параметры, относящиеся к трассировке решения, точности и оптимальному значению (значение целевой функции в оптимальной точке).

Сам квантовый алгоритм включает нескольких итераций. На каждой итерации он решает проблему выполнимости, а именно находит любое решение, удовлетворяющее следующим условиям (задающее пороговое значение  $t$ ):

$$\begin{aligned} & \langle C, X \rangle_{S^n} \leq t \\ & \langle A_k, X \rangle_{S^n} \leq b_k, k = 1, \dots, m \\ & X \geq 0. \end{aligned}$$

На каждой итерации выбирается другой порог  $t$ , в итоге алгоритм дает либо решение  $X$  такое, что  $\langle C, X \rangle_{S^n} \leq t$ , осуществляемое, как и другие ограничения, либо указание на то, что такого решения не существует.

Алгоритм выполняет бинарный поиск, чтобы найти минимальное пороговое значение  $t$ , для которого решение  $X$  все еще существует: это дает минимальное решение задачи SDP.

Квантовый алгоритм обеспечивает квадратичное улучшение по сравнению с лучшим классическим алгоритмом в общем случае и экспоненциальное улучшение, когда входные матрицы имеют низкий ранг.

Перейдем к квантовой комбинаторной оптимизации.

Задача комбинаторной оптимизации направлена на поиск оптимального объекта из конечного множества объектов. Задачу можно сформулировать как максимизацию целевой функции, которая представляет собой сумму булевых функций [4].

Каждая булева функция  $C_\alpha: \{0, 1\}^n \rightarrow \{0, 1\}$  получает на вход  $n$ -битовую строку  $z = z_1 z_2 \dots z_n$  и выдает на выходе один бит (0 или 1).

Задача комбинаторной оптимизации  $n$  битов и  $m$  предложений заключается в нахождении  $n$ -битовой строки  $z$ , которая максимизирует функцию

$$C_z = \sum_{\alpha=1}^m C_\alpha(z).$$

При этом приближенная оптимизация - это метод поиска приближенного решения оптимизационной задачи, относящийся к категории NP-сложности. Приближенным решением задачи комбинаторной оптимизации является строка  $z$ , близкая к максимизации  $C(z)$ .

Опишем алгоритм квантовой приближенной оптимизации.

В сравнении с комбинаторной оптимизацией, алгоритм квантовой приближенной оптимизации (QAOA) определенное время демонстрировал лучший коэффициент аппроксимации нежели традиционный алгоритм за полиномиальное время для конкретного условия задачи, вплоть до разработки более эффективного традиционного алгоритма. Относительное ускорение квантового алгоритма относится к категории открытых исследовательских вопросов.

В основе QAOA лежит применение унитарных операторов, зависящих от  $2p$  углов, где  $p > 1$  - целое число на входе. Данные операторы итеративно применяются к состоянию, которое представляет собой равно взвешенную квантовую суперпозицию всех возможных состояний в вычислительном базисе. На каждой итерации состояние измеряется на вычислительной основе и оценивается  $C(z)$ . После этого углы обновляются для роста  $C(z)$ . Затем данная итерация повторяется достаточное число раз до получения почти оптимального значения  $C(z)$ . В результате измеряемое состояние становится близким к оптимальному. При этом оптимальное значение  $C(z)$  может быть достигнуто с произвольной точностью, согласно теореме об адиабате или универсальностью унитарных QAOA [5]. В настоящее время вопрос о том, возможно ли реализовать данный метод, остается открытым.

Затем было доказано, что обобщение процесса QAOA - это поочередное использование квантового блуждания в непрерывном времени по базовому графу, за которым следует зависящий от качества сдвиг фазы, используемый к каждому состоянию решения. Этот обобщенный QAOA был назван QWOA (алгоритм оптимизации на базе квантового блуждания).

### Список литературы

1. Давнис В.В., Добрина М.В. Квантовая биномиальная модель цены актива Чека. - Электронный бизнес: проблемы, развитие и перспективы. Материалы XIX Всероссийской научно-практической интернет-конференции. Воронеж, 28-29 мая 2021. – с. 74-77.
2. Давнис В.В., Добрина М.В. Квантовый анализ фондовой биржи на примере Forex. - Электронный бизнес: проблемы, развитие и перспективы. Материалы XVIII Всероссийской научно-практической интернет-конференции. Воронеж, 28-29 мая 2020. – с. 74-76.
3. Давнис В.В., Добрина М.В. Основы квантовых вычислений в квантовой экономике. - Экономическое прогнозирование: модели и методы: Материалы XVI международной научно-практической конференции 6-7 декабря 2020 года. Воронежский государственный университет, Воронеж, 2020. – с. 6-9.
4. Добрина М.В. Квантовая торговля: прикладное значение теории Эйнштейна и квантовые частицы. - Материалы 38-й Всероссийской научной конференции молодых ученых «Реформы в России и проблемы управления. Издательство: Государственный университет управления - Москва, 2023. – с. 251-254.
5. Маслов В.П. Квантовая экономика. - Рос. академия наук. -2-е изд., доп. - М.: Наука, 2006. - 92 с.

УДК 004.942

**Букарев А.М.<sup>1</sup>, Щеглов Д.К.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Балтийский государственный технический университет «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова*

<sup>2</sup> *Северо-Западный региональный центр Концерна ВКО «Алмаз–Антей» – Обуховский завод»*

### **ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПАРКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ТЕХНИКИ НА ПРЕДПРИЯТИИ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**Аннотация.** Приведено описание имитационной агентно-ориентированной модели для анализа состояния парка персональных компьютеров на предприятии высокотехнологичной промышленности.

**Ключевые слова:** имитационная модель, компьютерный парк, анализ состояния

**Bukarev A. M.<sup>1</sup>, Shcheglov D.K.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Baltic State Technical University «VOENMEH» named after D.F. Ustinov*

<sup>2</sup> *North-West Regional Center of the Concern VKO «Almaz–Antey» – Obukhov Plant»*

### **SIMULATION MODELING OF THE STATE OF COMPUTER EQUIPMENT PARK AT A HIGH-TECH INDUSTRY ENTERPRISE**

**Abstract.** There is given description of an agent-based simulation model for analyzing the state of the personal computer park at a high-tech industry enterprise.

**Keywords:** simulation model, computer park, condition analysis

Стремительное развитие информационно-коммуникационных и промышленных технологий вызывает необходимость в оперативной адаптации производственной системы высокотехнологических предприятий к динамично изменяющимся условиям внешней среды. Адаптивная производственная система подразумевает наличие в своем составе действенных механизмов управления информационной инфраструктурой предприятия, включающей совокупность средств вычислительной техники и программного обеспечения.

Одним из наиболее эффективных инструментов анализа, оценки и прогнозирования состояния парка средств вычислительной техники на предприятии являются методы и системы имитационного моделирования [1]. В частности, использование имитационных моделей позволяет существенно повысить качество процессов технического оснащения предприятия персональными компьютерами (ПК) с учетом текущих и перспективных потребностей в инженерно-технических работниках (ИТР).

В рамках предлагаемой работы приведено описание имитационной модели, предназначенной для поддержки принятия рациональных организационно-управленческих решений, связанных с пополнением, обновлением (модернизацией и модификацией), ротацией, техническим обслуживанием и ремонтом парка ПК на предприятии высокотехнологичной промышленности, а также обеспечением запаса комплектующих. Эти процессы будем называть управлением состоянием парка ПК.

Задача заключается в разработке имитационной агентно-ориентированной модели, позволяющей проводить анализ и оптимизировать процессы управления парком ПК, предназначенных для выполнения проектно-конструкторских работ.

**Исходными данными** является информация о категориях ИТР, их численности и динамике её изменения, количественном и качественном составе парка ПК, а также статистические данные по надежности ПК и обеспечивающих процессах, таких как закупка, ремонт, модернизация и другие.

**Необходимо определить** рациональные стратегии управления парком ПК в зависимости от перспективных планов по увеличению или сокращению численности ИТР, а также переходу на новое инженерное программное обеспечение, которое требует использования более совершенных аппаратных средств.

При построении модели приняты следующие основные **допущения**:

1) модель включает в себя два типа агентов: офисной ПК (ПК ОФИС) и ПК для работы в системах автоматизированного проектирования (ПК САПР);

2) состояние каждого агента в составе модели определяется пространством состояний;

3) известны законы распределения случайных величин, определяющих переходы агентов в соответствующие состояния;

4) установлен возраст морального устаревания ПК САПР и ПК ОФИС (5 и 7 лет соответственно);

5) поставки ПК и комплектующих осуществляются партиями поквартально;

6) возникновение дефицита комплектующих на рынке ПК, связанное с изменением номенклатуры комплектующих, не учитывается;

7) в течение периода моделирования процесс является старинным, при этом внешние и внутренние факторы, влияющие на результат моделирования, не будут изменяться.

При построении модели приняты следующие **ограничения**:

1) период моделирования ограничен 10 годами;

2) заданы интенсивности отказов  $\lambda_k$  для всех комплектующих ПК [2];

3) установлены продолжительности операций, таких как диагностика ПК, приобретение новых ПК и замена комплектующих;

4) изменение численности ИТР, использующих ПК ограничено кадровой стратегией;

5) складские запасы ПК и комплектующих ограничены.

Модель была разработана с использованием программного пакета AnyLogic [3] и представляет собой совокупность ПК, изменение состояния которых в течение времени определяется Марковским процессом.

Пространство состояний ПК представлено на рисунке 1.

Как видно из рисунка 1, каждый ПК может находиться в одном из следующих состояний  $S_i^{(\rho)}$  ( $\rho$  – индекс пространства состояний,  $i$  – индекс состояния в пространстве состояний):

$S_0$  – ПК работоспособен и применяется по назначению;

$S_1$  – ПК морально устарел;

$S_2$  – ПК на модернизации;

$S_3$  – ПК неисправен или проходит диагностику;

$S_4$  – ПК, находящийся в ремонте;

$S_5$  – ПК разбирается на комплектующие;

$S_6$  – ПК утилизируется;

$S_7$  – ПК находится в резерве на складе или ПК САПР, ожидающий перевода в ПК ОФИС.

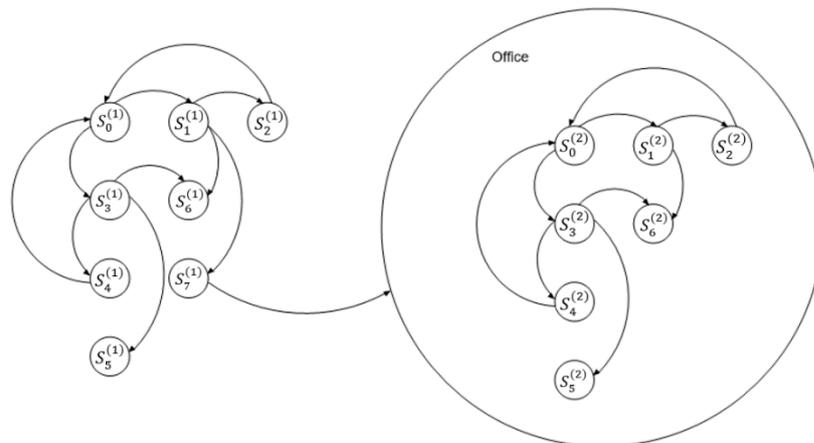


Рис. 1. Пространство состояний ПК САПР и ПК ОФИС

Переход ПК от одного состояния к другому происходит при определенных условиях, либо безусловно, с заданной временной задержкой на выполнение организационных и/или технических мероприятий.

Условия перехода ПК в пространстве состояний представлены в таблице 1. В таблице используются следующие обозначения  $AGE_i$  – возраст каждого ПК в днях,  $norm \{M_{ij}^{(\rho)}, \sigma_{ij}^{(\rho)}, t1_{ij}^{(\rho)}, t2_{ij}^{(\rho)}\}$  – обозначение нормального распределения, где  $ij$  – индекс перехода из состояния  $S_i^{(\rho)}$  в  $S_j^{(\rho)}$ ,

$M_{ij}^{(\rho)}$  – математическое ожидание,  $\sigma_{ij}^{(j\rho)}$  – среднее квадратичное отклонение,  $t1_{ij}^{(\rho)}, t2_{ij}^{(\rho)}$  – границы интервала.

Таблица 1 – Описание смены  $S_i^{(\rho)}$  состояний ПК в пространстве состояний

Переход	Условие перехода	Задержка, дни
Условные переходы		
$S_0^{(1)} \rightarrow S_1^{(1)}$	$AGE_i \geq \text{norm}\{M_{01}^{(1)}, \sigma_{01}^{(1)}, t1_{01}^{(1)}, t2_{01}^{(1)}\}$	
$S_0^{(1)} \rightarrow S_3^{(1)}$	При реализации одного из событий с интенсивностью $\lambda_i^{(1)}$ , соответствующих поломке одной из комплектующих	
$S_1^{(1)} \rightarrow S_2^{(1)}$	$P[a_1, a_2] \leq 0,33$	$T_{12}^{(1)} = \text{norm}\{M_{12}^{(1)}, \sigma_{12}^{(1)}\}$
$S_1^{(1)} \rightarrow S_6^{(1)}$	$0,33 < P[a_1, a_2] < 0,66$	$T_{16}^{(1)} = \text{norm}\{M_{16}^{(1)}, \sigma_{16}^{(1)}\}$
$S_1^{(1)} \rightarrow S_7^{(1)}$	$\begin{cases} P[a_1, a_2] \geq 0,66 \\ \sum S_i^{(2)} < N_{PC} \\ \sum S_7^{(1)} > 0 \end{cases}$	$T_{12}^{(1)} = \text{norm}\{M_{17}^{(1)}, \sigma_{17}^{(1)}\}$
$S_3^{(1)} \rightarrow S_4^{(1)}$	$P[a_1, a_2] > 0,2$	$T_{34}^{(1)}$
$S_3^{(1)} \rightarrow S_5^{(1)}$	$\begin{cases} P[a_1, a_2] \leq 0,2 \\ P1[a_1, a_2] \leq 0,7 \end{cases}$	$T_{35}^{(1)}$
$S_3^{(1)} \rightarrow S_6^{(1)}$	$\begin{cases} P[a_1, a_2] \leq 0,2 \\ P1[a_1, a_2] > 0,7 \end{cases}$	$T_{36}^{(1)}$
$S_7^{(1)} \rightarrow S_0^{(2)}$	$\sum S_i^{(2)} < N_{PC}$	
$S_0^{(2)} \rightarrow S_1^{(2)}$	$AGE \geq \text{norm}\{M_{01}^{(2)}, \sigma_{01}^{(2)}, t1_{01}^{(2)}, t2_{01}^{(2)}\}$	
$S_0^{(2)} \rightarrow S_3^{(2)}$	При реализации одного из событий с интенсивностью $\lambda_i^{(2)}$ , соответствующих поломке одной из комплектующих	
$S_1^{(2)} \rightarrow S_2^{(2)}$	$P[a_1, a_2] \leq 0,33$	$T_{12}^{(2)} = \text{norm}\{M_{12}^{(2)}, \sigma_{12}^{(2)}\}$
$S_1^{(2)} \rightarrow S_6^{(2)}$	$P[a_1, a_2] > 0,5$	$T_{16}^{(1)} = \text{norm}\{M_{16}^{(2)}, \sigma_{16}^{(2)}\}$
$S_3^{(2)} \rightarrow S_4^{(2)}$	$P[a_1, a_2] > 0,2$	$T_{34}^{(2)}$
$S_3^{(2)} \rightarrow S_5^{(2)}$	$\begin{cases} P[a_1, a_2] \leq 0,2 \\ P1[a_1, a_2] \leq 0,7 \end{cases}$	$T_{35}^{(2)}$
$S_3^{(2)} \rightarrow S_6^{(2)}$	$\begin{cases} P[a_1, a_2] \leq 0,2 \\ P1[a_1, a_2] > 0,7 \end{cases}$	$T_{36}^{(2)}$
Безусловные переходы		
$S_2^{(1)} \rightarrow S_0^{(1)}$	–	$T_{20} = \text{norm}\{M_{20}, \sigma_{20}\}$
$S_2^{(2)} \rightarrow S_0^{(2)}$	–	

Верификация модели осуществлялась на следующих **исходных данных**:

- начальное число ПК:  $N_{PC} = 0,3 \cdot 0,95 \cdot N$ , где  $N$  – численность ИТР;
- параметры нормального распределения:  $M_{01}^{(1)} = 1500$ ;  $M_{12}^{(1)} = M_{16}^{(1)} = M_{16}^{(2)} = 2$ ;  $M_{01}^{(2)} = 2600$ ;  $M_{20} = 3$ ;  $\sigma_{01}^{(1)} = \sigma_{01}^{(2)} = 70$ ;  $\sigma_{12}^{(1)} = \sigma_{16}^{(1)} = \sigma_{16}^{(2)} = 0,3$ ;  $\sigma_{20} = 0,5$ ;  $t1_{01}^{(1)} = 1250$ ;  $t2_{01}^{(1)} = 1750$ ;  $t1_{01}^{(2)} = 2300$ ;  $t2_{01}^{(2)} = 2900$ ;
- границы случайной величины  $P$  равномерного распределения:  $a_1 = 0$ ;  $a_2 = 1$ ;
- значения задержек:  $T_{34}^{(1)} = T_{34}^{(2)} = T_{35}^{(1)} = T_{35}^{(2)} = T_{35}^{(1)} = T_{35}^{(2)} = 1$ ;
- интенсивности отказов комплектующих ПК  $\lambda_k$ :  $\lambda_1 = 44,098 \cdot 10^{-5}$ ;  $\lambda_2 = 20,316 \cdot 10^{-5}$ ;  $\lambda_3 = 13,412 \cdot 10^{-5}$ ;  $\lambda_4 = 50,889 \cdot 10^{-5}$ ;  $\lambda_5 = 12,032 \cdot 10^{-5}$ ;  $\lambda_6 = 5,523 \cdot 10^{-5}$ ;  $\lambda_7 = 3,353 \cdot 10^{-5}$ ;  $\lambda_8 = 2,761 \cdot 10^{-5}$ ;  $\lambda_9 = 8,935 \cdot 10^{-5}$ .

В связи с трудоемкостью знания исходных данных для моделирования (состояния каждой единицы ПК) были заданы правила генерации **начального состояния** парка ПК, исходя из имеющихся статистических данных:

- 1) число ПК соответствует численности ИТР;
- 2) исходное распределение ПК САПР и ПК ОФИС составляет 70% на 30%;
- 3) возраста ПК распределены равномерно на интервале 7 лет.

**Верификация** модели была проведена на основе ситуативных экспериментов, которые включали в себя подтверждение:

- 1) стабильности поведения модели на протяжении длительного временного интервала;
- 2) увеличения складских запасов ПК ОФИС при отсутствии поломок ПК обеих категорий (ПК САПР и ПК ОФИС);
- 3) не превышения установленных потребностей в ПК САПР и ПК ОФИС в течение всего периода моделирования;
- 4) стабильности поведения модели при изменении исходных данных, в том числе объемов выборки ПК.

В результате верификации была подтверждена возможность оценки частных параметров модели и прогнозирования поведения при различных сценариях и условиях функционирования. Например, на рисунке 2 наглядно продемонстрировано прогнозирование резервных запасов ПК ОФИС при постоянной численности ИТР, при увеличении и уменьшении численности ИТР на 30%.

**Заключение.** Анализ разработанной агентно-ориентированной модели позволяет заключить способность анализировать, прогнозировать состояние парка ПК при различных сценариях. Получение конкретных численных значений ключевых показателей позволяет существенно улучшить стратегию формирования планового складского обеспечения, оптимизировать работу

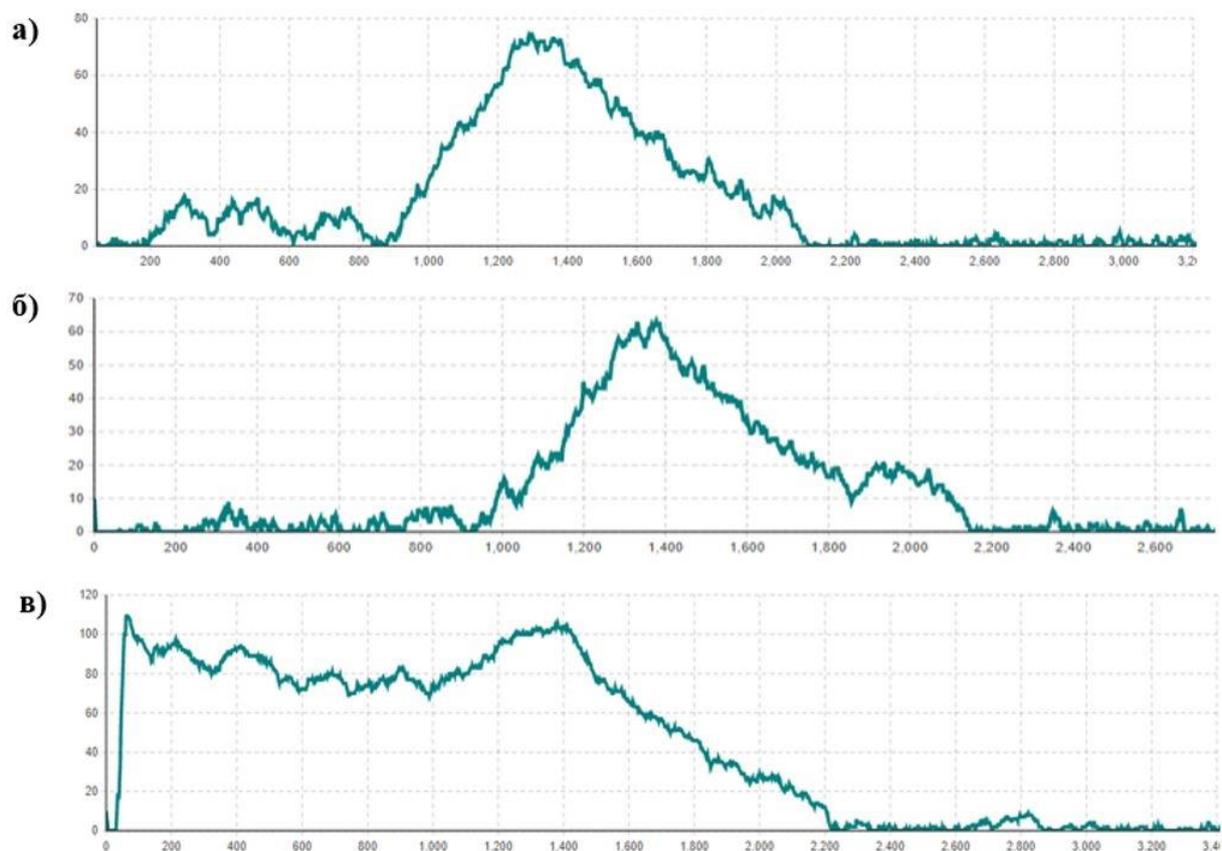


Рис. 2. Формирование резервных запасов офисной техники с течением времени  
*а* - статическом сценарии; *б* - увеличении численности; *в* - уменьшении численности

службы обеспечения и разрабатывать эффективные стратегии оперативного реагирования на внештатные ситуации.

Предлагаемая модель обладает высокой гибкостью в определении ограничений и условий моделирования, что позволяет осуществлять анализ и прогнозирование состояния парка ПК на предприятиях высокотехнологичной промышленности с учетом принятой технической политики и планов кадрового обеспечения.

### Список литературы

1. Каталевский, Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении: учебное пособие; 2-е изд., перераб. и доп. / Д.Ю. Каталевский. – М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. – 496 с.
2. Щеглов Д.К., Тимофеев В.И., Музалева Е.О. Оценка потребности в комплектующих изделиях для персональных компьютеров при формировании годового плана закупок промышленного предприятия // Русский инженер. – 2020. № 3(68). – С. 26-39.
3. Официальный сайт Anylogic. URL: <https://www.anylogic.ru/>.

**Шестоперов С.А.<sup>1</sup>, Гончаров Е.К.<sup>1</sup>, Миронов Г.И.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Школа № 315 Пушкинского района Санкт-Петербурга

### **АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АКТИВНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ БЕЗОПАСНОСТИ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ УЧРЕЖДЕНИИ**

**Аннотация.** В статье сформулированы задачи и рассмотрены результаты поисковых экспериментов по созданию активных роботизированных средств безопасности, дополняющих существующие и перспективные устройства, такие как, стационарные комплексы по видеонаблюдению и оценке происходящего на основе систем искусственного интеллекта, а также, роботизированные передвижные платформы, обеспечивающие наружное наблюдение и охрану территорий. Результаты исследования позволят в комплексе оценить состояние внутренних помещений и скрытых от видеонаблюдения зон, путей эвакуации, выявить посторонние предметы, которые могут представлять потенциальную угрозу.

**Ключевые слова:** малогабаритная активная роботизированная платформа, система безопасности, VR-модель объектов

**Shestoperov S.A.<sup>1</sup>, Goncharov E.K.<sup>1</sup>, Mironov G.I.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>School No. 315 of the Pushkin District of St. Petersburg

### **ASPECTS OF THE USE OF ACTIVE ROBOTIC SECURITY MEASURES IN AN EDUCATIONAL INSTITUTION**

**Abstract.** The article discusses the use of unmanned aerial vehicles for monitoring the technical condition of railway infrastructure facilities. A variant of increasing the monitoring efficiency by increasing the duration of the flight time of aircraft is proposed.

**Keywords:** unmanned aerial vehicle, battery, monitoring, power stations, traction substation

В настоящее время едва ли надо говорить об актуальности вопросов обеспечения безопасности в образовательных учреждениях. Все мы понимаем, насколько значимыми и резонансными могут быть события, связанные с чрезвычайными происшествиями в образовательных учреждениях. Оправдывают ли себя существующие системы безопасности, основанные на видео-мониторинге, организации постов охраны, установки турникетов и рамок металлоискателей, проводимые предупредительные мероприятия – несомненно, да. Однако, последние события, на момент написания статьи, свидетельствуют, что этого мало.

За эти годы все мы, как работники образовательных учреждений, неоднократно участвовали в предупредительных мероприятиях по сценариям: «пожарная тревога», «стрелок в здании» или реагирование на звонок о заложенном взрывном устройстве. Студенты и школьники старших

классов воспринимают это с пониманием, чаще с юмором, чего не скажешь об учениках младших классов и особенно их родителях.

Если учесть, что по сценарию учений в тех же США, школа, независимо от количества обучающихся, должна быть эвакуирована за 30 секунд, при этом все личные вещи и верхнюю одежду оставляют в классе, то суть проблемы становится особенно понятной.

Статистика подтверждает, что, начиная с 2011 года, крупные инциденты с участием школьных стрелков в США случаются в среднем раз в полтора года. Более мелкие инциденты, но тоже с человеческими жертвами, это уже по данным российской печати, случаются от двух до пяти раз в год.

Для противодействия угрозам в школах и образовательных учреждениях внедряются новые протоколы безопасности, появляются новые типы систем охраны и видеонаблюдения. В России в рамках национальной программы «Цифровая экономика России» и федерального проекта «Цифровая образовательная среда» компанией «Ростелеком» проведены масштабные работы по организации системы видеонаблюдения в государственных и муниципальных общеобразовательных учреждениях 24 регионов России. Стоимость проекта за период с 2021 по 2022 год составила 2,5 млрд руб., системами видеонаблюдения и широкополосным интернетом обеспечены немногим более 9 000 учреждений.

В других странах, например, тех же США, ежегодные траты на обеспечение функционирования систем безопасности в школах составляют около \$3 млрд в год, появляются новые системы, в частности, активные роботизированные платформы с элементами искусственного интеллекта.

На рисунке 1 представлены российские разработки в области роботизированных средств безопасности, используемые или предлагаемые к использованию, в том числе в образовательных учреждениях.

В целом, все они поддерживают один и тот же набор функций и конструктивных элементов [1]:

- набор камер (оптические, инфракрасные и так далее), как для фото- и видео-фиксации объектов, так и визуального ориентирования на местности;
- наиболее современные устройства имеют в своём составе системы видео- и аудио-аналитики с элементами искусственного интеллекта;
- цифровой дисплей или пульт дистанционного управления, через который с роботом могут взаимодействовать люди;
- лазерный радар (лидар), который позволяет сканировать пространство на наличие посторонних объектов и субъектов;
- различные датчики (температуры, ядовитых газов и так далее), позволяющие следить за пожарной и биологической безопасностью.

Охранный робот с интеллектуальной системой видеонаблюдения «Трал Патруль»



Информационно-аналитическая платформа «Часовой»

Рис. 1. Российские роботизированные средства системы безопасности и охраны объектов

Представленные образцы достаточно габаритные устройства и предназначены для охраны территории объектов - охранный робот «Трал Патруль» [2], или стационарная информационно-аналитическая платформа «Часовой» [3], устанавливаемая во внутренних помещениях. Вместе с тем, отличительной особенностью образовательных учреждений, таких как школы, является то, что вход и выход для посторонних лиц ограничен. Рамки металлоискателей оборудованы видеокамерами, что создаёт уникальную возможность создания ежедневно обновляемой базы данных всех вносимых и выносимых предметов, сумок, пакетов и прочее.

Исходя из этого обстоятельства, нами, в рамках научной деятельности учащихся, была поставлена задача создания малогабаритного активного роботизированного средства безопасности, роботизированная платформа, осуществляющая мониторинг внутренних помещений здания, путей эвакуации, а также зон, недоступных для стационарных камер наблюдения.

Учитывая наши возможности и первоочередную потребность, мы сосредоточились на проблеме поиска и идентификации объектов и предметов, несущих потенциальную угрозу.

К таким предметам, на наш взгляд, можно отнести бесхозные пакеты, сумки, рюкзаки, а также предметы и школьное оборудование, перегораживающее эвакуационные пути в школе. Попутно, с помощью такой роботизированной платформы, мы могли бы контролировать обстановку в школе как в учебное, так и во вне-учебное время.

Внешний вид и краткое описание устройства представлены на рисунке 2.



Рис. 2. Активное роботизированное средство безопасности

Более подробное описание используемого нами для проведения экспериментов устройства представимо следующим образом.

Активное роботизированное средство безопасности, в составе роботизированной колёсной платформы, оборудованной микроконтроллером, двигателями, управляемой дистанционно или по предварительно созданной программе, включающей план помещения и маршруты; или на основании маршрута движения, создаваемого на основе данных датчиков дистанционного зондирования (лидар, ультразвуковой дальномер, камера технического зрения); имеющая в своем составе камеру высокого разрешения для создания фото- и видеоизображений встречающихся объектов, с последующей передачей по сети wi-fi на сервер с целью создания AR/VR - изображения с обработкой в пакетном режиме сторонним специализированным программным обеспечением для последующего просмотра AR/VR – модели фиксируемого объекта оператором – сотрудником охраны учреждения.

При подготовке к проведению исследования были сформулированы следующие цели.

Создание и апробация в реальных условиях образовательного учреждения активного роботизированного средства безопасности, обеспечивающего как дистанционное, так и программно-заданное управление, осуществляющее визуальный контроль за внутренними помещениями, а также способное создавать AR/VR-модели (изображения) посторонних объектов для оценки их массометрических показателей с использованием сетевых технологий.

Для реализации поставленной цели сформулированы следующие задачи:

1. Создание активной роботизированной платформы в различных кинематических схемах.

2. Проведение сравнительных испытаний кинематических схем платформы с целью повышения маневренности, управляемости, возможности движения платформы в условиях сложного рельефа, например, по лестничным маршам.

3. Изучение возможности создания фото-, видеоизображений датчиками технического зрения с последующей пакетной обработкой существующим программным обеспечением для работы с 3D-объектами.

4. Написание, отладка и апробация необходимого программного обеспечения на одном из языков программирования: Python, C#.

5. Апробация результатов наблюдений и исследований на научно-технических конференциях и посредством натуральных испытаний.

Результаты первого этапа проведенных исследований показали:

– созданная активная роботизированная платформа обеспечивает выполнение поставленных целей на стадии поисковых экспериментов;

– выявлена необходимость внесения конструктивных изменений, улучшающих такие характеристики движения, как управляемость, маневренность. В частности, предложен вариант «ломающейся» рамы конструкции.

Предварительные результаты поисковых экспериментов по созданию AR/VR-моделей для оценки массометрических показателей объектов следует признать положительными.

Подобрано ПО для создания и обработки фото- и видеоизображений объектов, ПО для создания плана внутренних помещений на основании показаний лидара на языке программирования Python.

Дополнительно выявлены следующие цели и задачи:

Продолжение исследований по оптимизации кинематической схемы роботизированной платформы с учетом существования кинематических схем робота-собаки, робота-паука, робота-многоножки.

Оценка возможности создания собственными силами необходимых конструктивных элементов с учетом имеющихся возможностей: оборудование для 3D-прототипирования элементов конструкции, лазерных и фрезерных лабораторных станков с ЧПУ (все оборудование и техника предоставлены по гранту).

Доработка и создание роботизированной платформы, обладающей оптимальными параметрами для условий эксплуатации во внутренних помещениях образовательного учреждения. Сюда же можно отнести и реализацию требований по вандалоустойчивости конструкции.

Стоит сложная задача оценки возможности и разработки собственного ПО для программно-заданного управления платформой, проведения фото- и видеоизображений избранных объектов, а также их пакетной обработки для создания AR/VR-моделей.

Разработка регламента взаимодействия и дистанционного управления роботизированной платформы с учетом наличия системы видеонаблюдения.

Например, проведение дистанционного обследования помещений при выявлении оставленных или подозрительных предметов посредством управления роботом по сети Wi-Fi.

Провести теоретическое исследование по реализации возможности объединения нескольких роботизированных платформ в единую сеть.

На наш взгляд, активные роботизированные платформы, оборудованные датчиками технического зрения и средствами визуального контроля, использующие современные достижения в области программного управления и обработки 3D-изображений, могут существенно повысить уровень безопасности среды в образовательных учреждениях.

Поэтому, на наш взгляд, результаты наших исследований будут актуальны для образовательных учреждений, школ и колледжей, а также ВУЗов, имеющих поставленное по грантам или обладающих необходимым робототехническим оборудованием, способных самостоятельно реализовать подобные или собственные разработки.

В этом мы видим практическую значимость проводимого нами исследования и полученных результатов.

#### **Список литературы**

1. Булгаков А. Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление / А. Г. Булгаков, В. А. Воробьев. М. : СОЛОН-ПРЕСС, 2021. 488 с. ISBN 978-5-91359-013-8.
2. Официальный сайт компании «СМП Роботикс». URL: <https://www.smprobotics.ru/robot-mobilnogo-videonablyudeniya-tral-patrul/> (дата обращения 10.12.2023).
3. Официальный сайт компании «Специальные технологии контроля». URL: [/upload/iblock/95e/zc2iqfzb5v0vr3f8f3ylka3mdmhlyi75/Platforma-CHasovoy\\_.pdf](#) (дата обращения 10.12.2023).

**Косач Г.А.<sup>1,2</sup>, Тишков А.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Первый Санкт-Петербургский государственный медицинский университет имени академика И.П. Павлова*

<sup>2</sup> *Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)*

## **БИОМЕДИЦИНА В ЦИФРОВОЙ ЭПОХЕ: ИТ-ОБРАЗОВАНИЕ И ИННОВАЦИИ**

**Аннотация.** В статье обсуждается влияние цифровой трансформации на образование и профессиональную сферу. Организации вынуждены адаптироваться к цифровым изменениям, открывающим новые перспективы, но также требующим обновления навыков и подготовки специалистов. Статья исследует эти вызовы и возможности, подчеркивая значимость цифровизации для будущего образования и профессиональной среды.

**Ключевые слова:** биомедицина, цифровая трансформация, ИТ-образование, инновации в медицине, основы веб-программирования, обучение через цифровые решения, Python в медицине, образовательные программы в медицине

**Kosach G.A.<sup>1,2</sup>, Tishkov A.V.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Academician I.P. Pavlov First St. Petersburg State Medical University*

<sup>2</sup> *Saint Petersburg Electrotechnical University*

## **BIOMEDICINE IN THE DIGITAL ERA: IT EDUCATION AND INNOVATIONS**

**Abstract.** The modern world is experiencing rapid technological changes, especially in education and work environments due to digital transformation. This paper explores the implications of digitization for future education and workplaces, addressing challenges and opportunities arising from advancements in digital technologies.

**Keywords:** biomedicine, digital transformation, IT education, innovations in medicine, basics of web programming, education through digital solutions, Python in medicine, medical bioinformatics, educational programs in medicine

**Введение.** Современный мир переживает непрерывные трансформации под влиянием технологического прогресса [1]. Цифровая эпоха пронизывает каждый аспект нашей жизни, существенно изменяя образовательные практики и методы работы. В данном контексте, учреждения и организации активно адаптируются к этим изменениям, стремясь выявить новые возможности, но также сталкиваясь с вызовами, требующими переосмысления подходов к подготовке специалистов. Технологии компьютеров, искусственного интеллекта и цифровые инструменты заменяют устаревшие методы работы, что выдвигает

требования к обновлению умений и навыков в профессиональной сфере [2, 3].

Основной целью данного исследования является проведение анализа влияния цифровой трансформации на образование и профессиональную среду, а также выявление ключевых факторов, которые определяют успешную адаптацию к этим изменениям.

#### **Задачи исследования.**

1. Анализ современных тенденций: провести обзор существующих тенденций в цифровой трансформации в сфере образования и профессиональной деятельности.

2. Оценка влияния цифровизации: изучить влияние цифровой трансформации на образовательные процессы и рабочую среду, выявить преимущества и недостатки данного воздействия.

3. Исследование перспектив: проанализировать перспективы развития образования и профессиональной среды в контексте цифровой эпохи.

4. Формулирование рекомендаций: сформулировать рекомендации по эффективному использованию цифровых инноваций в образовании и профессиональной сфере для достижения лучших результатов и адаптации к изменяющемуся окружению.

Согласно исследованию Организации экономического сотрудничества и развития (OECD), более 60% государственных структур стремятся к активному внедрению цифровых технологий. Это направление фокусируется на совершенствовании предоставляемых государственных услуг для граждан и оптимизации внутренних процессов. В контексте частного сектора, Deloitte отмечает, что более 80% компаний видят цифровую трансформацию как ключевой фактор для обеспечения своего конкурентного преимущества. Результаты опроса PricewaterhouseCoopers (PwC) подтверждают, что, для более чем 90% руководителей компаний цифровая стратегия является неотъемлемой частью их будущих планов развития.

Анализ популярности языков программирования в медицинской сфере указывает на интерес к Python и R. Python, с его гибкостью и обширной библиотекой для обработки данных, используется приблизительно 46-47% специалистов [4]. В то время как R, специализирующийся на статистическом анализе данных, оценивается в 11-12% [5]. Биостатистика играет ключевую роль в более чем 70% успешных исследований в медицине, уделяя внимание анализу данных и языкам программирования для успешного выполнения исследований [6]. Понимание основ веб-программирования (HTML, CSS, JavaScript) становится существенным элементом создания онлайн-платформ для обмена медицинской информацией и предоставления онлайн-услуг. HTML оценивается примерно в 80-85%, CSS в 70-75%, а JavaScript в 65-70%. Эти языки становятся неотъемлемой частью веб-разработки и создания интерактивности на веб-страницах.

Эти данные подчеркивают активное проникновение цифровых технологий в сферу здравоохранения и медицинского образования, что открывает новые возможности для оптимизации и улучшения процессов в данной области.

Процесс реализации проекта по созданию курсов, который происходит в рамках дополнительного профессионального образования (далее ДПО) включал в себя аналитический и технический этапы (рис. 1).

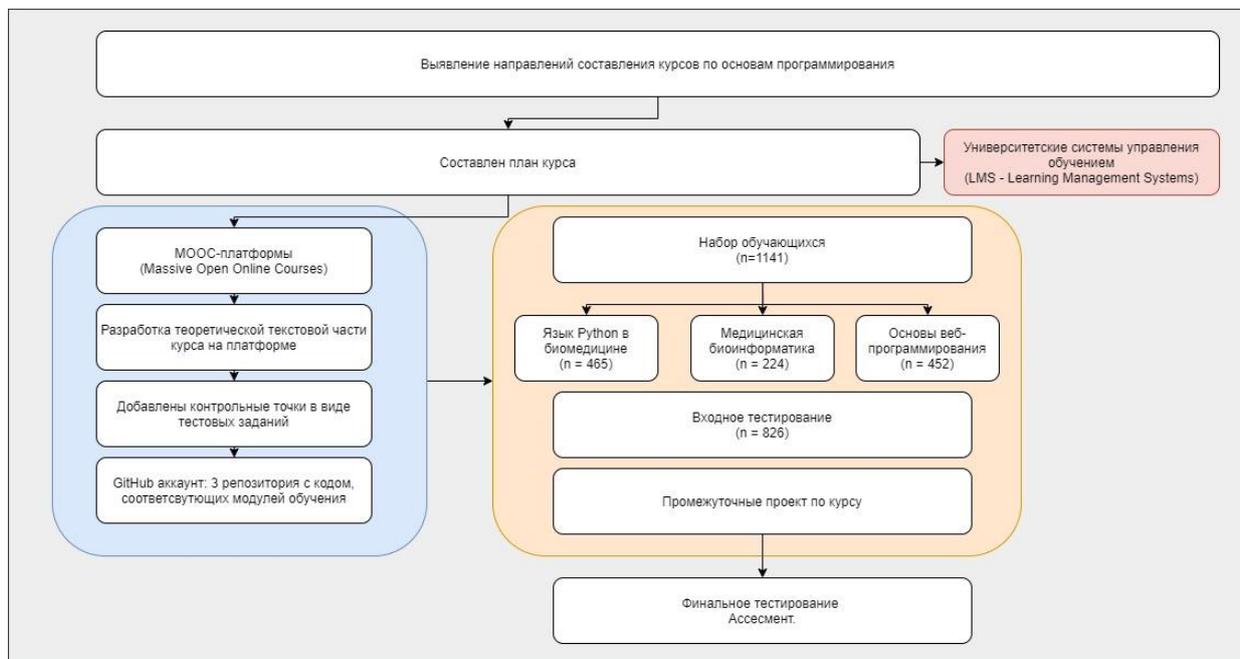


Рис. 1. Дизайн реализации проекта цифрового дистанционного обучения основам программирования в медицинском университете в рамках ДПО

Существующие платформы обучения можно условно разделить на два вида: LMS (системы управления обучением) и MOOC (массовые открытые онлайн курсы).

**LMS**, или Learning Management Systems, это платформы, созданные для управления процессом обучения, предоставления контента, и оценки прогресса. Они часто используются в учебных учреждениях и корпоративных обучающих программах. Однако они имеют некоторые ограничения:

- ограниченность контентом. Часто LMS содержат ограниченное количество контента и не всегда предлагают гибкие возможности для обучения;

- недостаток интерактивности. Многие из них ограничиваются предоставлением текстовых и видеуроков без возможности интерактивного обучения;

- одноразовый контент. Часто содержат фиксированный, неизменный контент, что может быть неэффективно для поддержания актуальности информации.

**МООС** – это онлайн-курсы, предназначенные для массовой аудитории. Они имеют несколько ключевых особенностей:

- масштабность. МООС предлагают курсы, доступные всему миру, часто от ведущих университетов или экспертов в соответствующей области;

- бесплатность. Большинство курсов МООС доступны бесплатно, что делает их доступными для широкой аудитории;

- интерактивность и разнообразие контента. МООС предлагают разнообразие материалов (видео, тесты, форумы для обсуждений и дополнительные ресурсы);

- гибкость. Обычно участники могут выбирать свой темп обучения и время, когда им удобно учиться;

- сертификация. Некоторые МООС позволяют получить официальные сертификаты или даже академические кредиты.

МООС являются более гибкими и доступными, чем LMS, но иногда они также могут страдать от недостатка персонализации и индивидуализации обучения, а также не всегда могут обеспечить обратную связь в режиме реального времени.

Таким образом, была выбрана МООС образовательная платформа российской геолокационной принадлежности – Stepik.

При поступлении на курс каждый студент проходил вступительное тестирование по базовым знаниям программирования. Затем наблюдался средний еженедельный прирост баллов по дисциплине, который составил 3 (2.14 - 3.14) при  $p=0.0012$  (рис. 2).

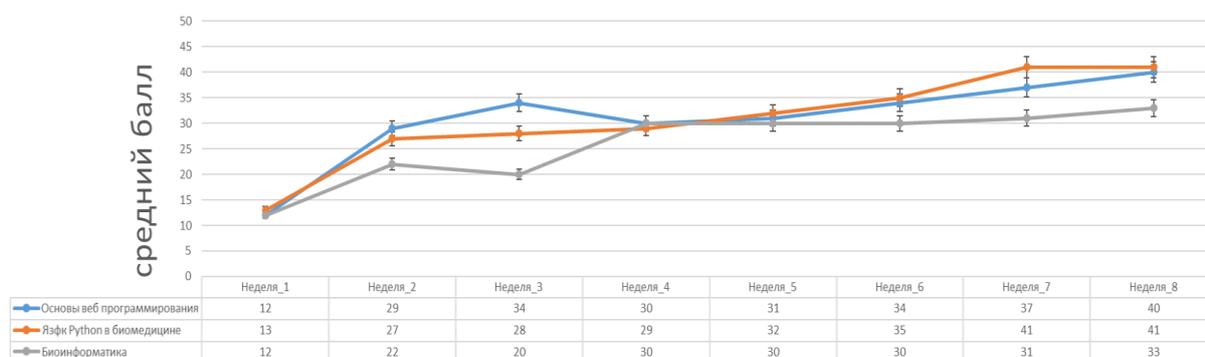


Рис. 2. Результаты динамики 8 недель обучения

Структура курсов включает в себя несколько компонентов: каждый курс состоит из модулей, каждый модуль – из уроков, каждый урок – из шагов. Шаги включают в себя теоретический материал, тестовые задачи, видеоматериалы или ссылки на репозиторий GitHub с кодом для решения задач. В совокупности, три курса содержат: 465 уроков, 10 часов видеоматериала, 3 репозитория на GitHub (IT4MED) и более 600 тестов.

Проведена аналитика интереса обучающихся к различным образовательным курсам в сфере медицины, что помогло выявить популярность и востребованность курсов (рис. 3).

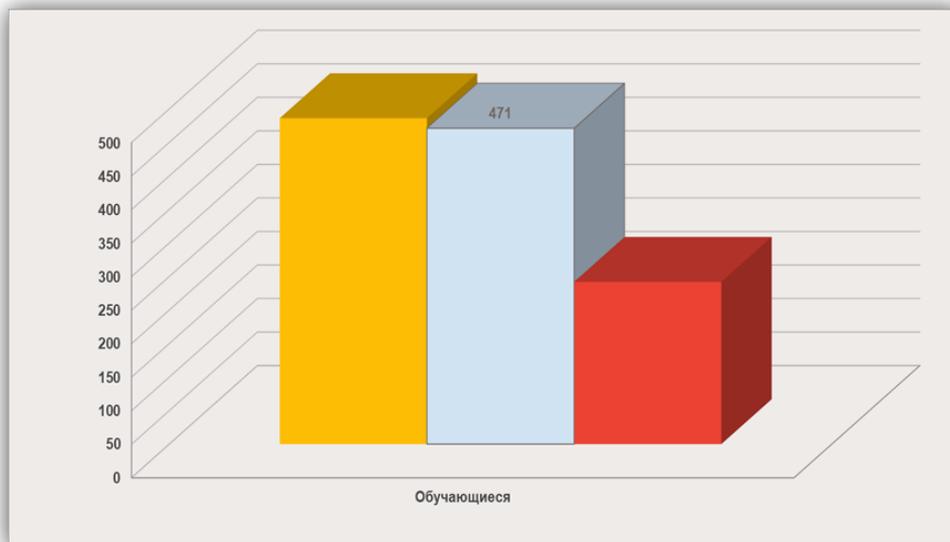


Рис. 3. Дизайн реализации проекта цифрового дистанционного обучения основам программирования в медицинском университете

По статистике предпочтений предложенных образовательных курсов в контексте медицинской сферы выявлено, что курсы, связанные с языком программирования Python, пользуются наибольшей популярностью, они привлекли 465 (40,8%) учащихся. Это свидетельствует о востребованности изучения данного языка в медицинской среде, вероятно, благодаря его простоте и гибкости для обработки данных. Вторым по популярности является курс по медицинской биоинформатике, привлечший 224 (19,6%) учащихся. Этот курс обладает значительной привлекательностью для специалистов в области медицины, которые заинтересованы в анализе и обработке больших объемов данных для улучшения практики и исследований в медицинской сфере. Также значительным является интерес к основам веб-программирования, который привлек 452 (39,6%) учащихся. Это говорит о том, что понимание основ веб-программирования считается важным для специалистов в области медицины, возможно, для создания онлайн-платформ и приложений, облегчающих доступ к медицинской информации и услугам.

Итого, эти образовательные курсы привлекли внимание 1141 учащегося, подчеркивая важность и актуальность изучения технологий программирования и информатики в медицинской сфере.

Дополнительная аналитика позволяет глубже понять динамику образовательного процесса (рис. 4).

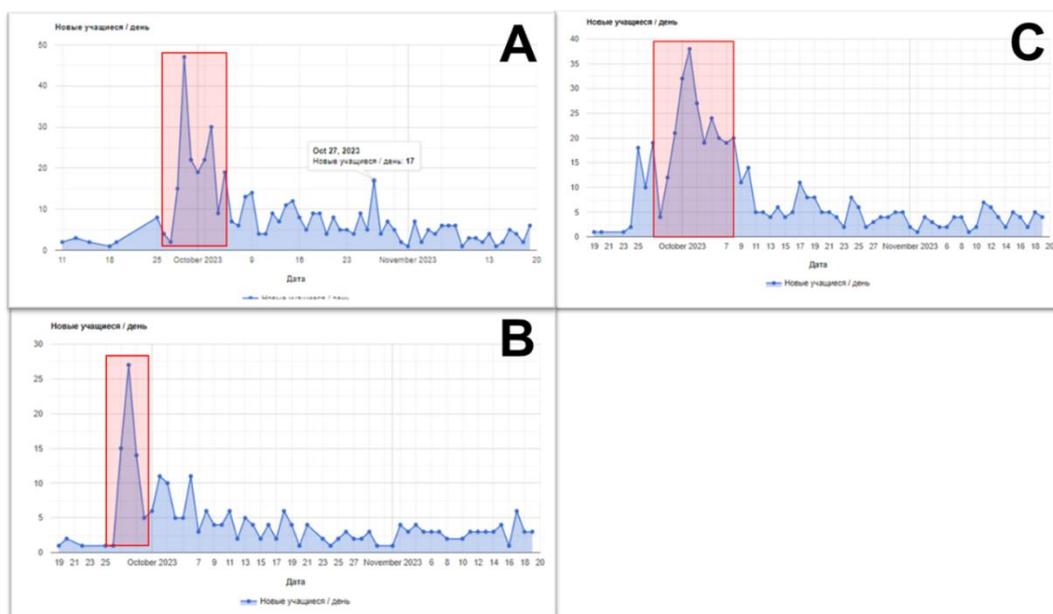


Рис. 4. Анализ поступающих на обучение дистанционных курсов по основам программирования платформы Stepik

Успешно завершили первый этап обучения и сдали первое тестирование 714 студентов. Оно проводилось после прохождения первого модуля обучения, т.е. примерно через 45 дней с момента начала образовательной программы. Интересно отметить, что средний балл по этому тестированию составил около 35 из 43 возможных, что указывает на высокий уровень усвоения материала. Следует отметить, что в динамике по неделям заметно снижение темпа прохождения модулей. Это объясняется введением ограничений по открытию последующих занятий, направленных на предотвращение пропуска теоретического материала. Кроме того, была организована группа из 21 преподавателя, которые активно вовлечены в образовательный процесс. Эта группа управляет работой 1141 обучающихся, среди которых 57 представлены студентами не только ПСПБГМУ, но и других высших учебных заведений, а также ординаторами и сотрудниками смежных областей, что способствует обширной и многогранной динамике обучения.

#### **Выводы.**

1. Цифровизация процесса является весьма ощутимым спасением для эффективного обучения обучающихся с минимизацией монотонного повторения материала и позволяет сконцентрироваться преподавателям на более глубоких процессах обучения, таких как эффективное программирование, обучение архитектуре приложений, структуре языка, семантике и прочее.

2. При изучении специальности IT, гибридный и дистанционный формат обучения предпочтительнее по сравнению с полностью очным. В начальной стадии обучения студентам часто неудобно осваивать новые

языки программирования в оффлайн-формате из-за отсутствия привычной обстановки, которую они использовали в своем рабочем процессе. Это может снизить эффективность обучения из-за рассеивания внимания и уменьшения концентрации.

3. Периодические онлайн встречи и оффлайн обсуждения также необходимы, в связи с тем, что необходимо оценивать реальное прохождение и усвоение материала обучающимися. Поэтому совершенствование методик цифрового обучения позволит повысить эффективность обучаемого специалиста.

4. Подготовка биомедицинского специалиста дополнительными компетенциями в IT образовании является неотъемлемой частью эффективного обучения, чтобы следовать современным стандартам врача, владеющего всеми современными средствами (для научных сотрудников для обработки информационных данных).

#### **Список литературы**

1. Zhang, J. Artificial intelligence: A powerful paradigm for scientific research. *The Innovation* / Xu Y., Liu X., Cao X. et al. // 2021 - 2(4), 100179.
2. Haleem, A. Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers* / Haleem A., Javaid M., Qadri M. A. et al. // 2022 - 3, 275-285.
3. Bastug, I. Effect of Javascript on middle schoolers' attitude toward computer course. *Journal of Pedagogical Research* / Bastug I., & Kircaburun K. // 2017 - 1(1), 43-53.
4. Bati, K. Integration of Python into Science Teacher Education, Developing Computational Problem Solving and Using Information and Communication Technologies Competencies of Pre-service Science Teachers. *Informatics in Education* / Bati K. // 2022 - 21(2), 235–251. DOI: 10.15388/infedu.2022.12.
5. Miller, A. Anxiety Around Learning R in First Year Undergraduate Students: Mathematics versus Biomedical Sciences Students. *Journal of Statistics and Data Science Education* / Miller A., & Pyper K. // 2023.
6. Logroño Naranjo, S. I. Analysis of the use of the Python programming language for statistical calculations. *Espirales revista multidisciplinaria de investigación científica* / Logroño Naranjo, S. I., Estrada Brito, N. A., Vásconez Núñez, V. A., & Rosero Ordóñez, E. M. // 2022 - 6(2), 1-13.

УДК 332.1

**Гавчук Д.В.**<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Высшая школа предпринимательства*

<sup>2</sup> *Федерация Рестораторов и Отельеров*

## **УСТОЙЧИВОЕ РАЗВИТИЕ И ИННОВАЦИИ В ИНДУСТРИИ ГОСТЕПРИИМСТВА: ПРЕИМУЩЕСТВА И ВЫЗОВЫ**

**Аннотация.** В последние годы индустрия гостеприимства стала одной из самых важных и наиболее быстро развивающихся секторов мировой экономики. В данной работе рассматривается влияние робототехники и искусственного интеллекта на сферу гостеприимства и возможности устойчивого развития этой отрасли.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, устойчивое развитие, робототехника, индустрия гостеприимства

**Gavchuk D.V.**<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> *Higher School of Entrepreneurship*

<sup>2</sup> *Federation of Restaurateurs and Hoteliers*

## **SUSTAINABLE DEVELOPMENT AND INNOVATION IN THE HOSPITALITY INDUSTRY: ADVANTAGES AND CHALLENGES**

**Abstract.** In recent years, the hospitality industry has become one of the most important and fastest growing sectors of the global economy. This paper examines the impact of robotics and artificial intelligence on the hospitality industry and the possibilities of sustainable development of this industry.

**Keywords:** artificial intelligence, sustainable development, robotics, hospitality industry

Современная индустрия гостеприимства все больше ориентируется на устойчивое развитие и достижение оптимальной эффективности с помощью инноваций. За последнее десятилетие робототехника и искусственный интеллект (ИИ) стали ключевыми факторами в решении многих проблем в этой области. В данной статье рассматривается, как эти технологии повлияли на индустрию гостеприимства и как они могут способствовать устойчивому развитию.

**Искусственный интеллект в стратегиях устойчивого развития.** 26 октября 2023 года Максим Колесников, заместитель министра экономического развития РФ, выступил с докладом о национальной стратегии развития искусственного интеллекта. В стратегии выделены три основные задачи: развитие вычислительных мощностей, научных школ и темпов внедрения ИИ в отраслях экономики (рис. 1).

Стратегия определяет задачи развития искусственного интеллекта в России следующим образом:

- поддержка научных исследований для обеспечения опережающего развития искусственного интеллекта;
- проектирование и разработка программного обеспечения с использованием технологий искусственного интеллекта;
- повышение доступности и качества данных, необходимых для развития технологий искусственного интеллекта;
- повышение доступности аппаратного обеспечения, необходимого для решения задач в области искусственного интеллекта;
- повышение уровня квалифицированных кадров в области технологий искусственного интеллекта на российском рынке и повышение информированности населения о доступных областях использования технологий искусственного интеллекта;
- создание комплексной системы регулирования общественных отношений, возникающих в связи с разработкой и использованием технологий искусственного интеллекта.

Необходимо активно повышать уровень внедрения ИИ в отраслях экономики и системе государственного управления. Россия сейчас занимает 12 место среди стран G20 по уровню внедрения ИИ, мы понимаем куда расти, у нас амбициозная цель к 2030 году – чтобы уровень внедрения по основным отраслям приближался к 95%, сказал Колесников [1].



Рис. 1. Ситуация с внедрением ИИ в отраслях и госуправлении

В рамках этого направления мы провели исследование «Применение искусственного интеллекта в ресторанном бизнесе: оптимизация маркетинговых практик», с целью изучения возможностей применения искусственного интеллекта в маркетинге региональной ресторанной

индустрии. Искусственный интеллект — это новая концепция и бизнес-возможность для повышения эффективности работы компаний. Анализируя данные пользователей, искусственный интеллект может определять профиль целевой аудитории, выявлять предпочтения гостей заведения и изучать их поведение. Полученные данные могут помочь рестораторам и отельерам внедрить новые эффективные стратегии и технологии. Внедрение ИИ персонализирует запросы гостей и создает качественный контент для бизнеса. Анализ данных о потребителях может повысить качество предлагаемых услуг и помочь в формировании рыночных тенденций. В данном исследовании проанализирована и предложена схема интеграции искусственного интеллекта в маркетинговый ландшафт ресторанного бизнеса для повышения эффективности бизнес-процессов (рис. 2).

Искусственный интеллект предоставляет ресторанному бизнесу инструменты для более эффективного и инновационного маркетинга. Персонализированные подходы, анализ данных и автоматизация процессов могут помочь улучшить качество обслуживания гостей и увеличить прибыль; ресторанный бизнес с использованием искусственного интеллекта остается актуальным направлением исследований в области маркетинга [2].



Рис. 2. Потребность в кадрах для массового внедрения

Учитывая возрастающую роль малых и средних предприятий (МСП) в мировой и российской региональной экономике, а также усиливающуюся конкуренцию на рынках, на которых работают эти компании, способность МСП внедрять технологии искусственного интеллекта (ИИ) приобретает первостепенное значение. В связи с постоянно меняющимися социальными, экологическими и технологическими условиями руководство этих компаний

должно уделять все больше внимания внедрению новых инструментов, таких как искусственный интеллект, в деятельность МСП, чтобы пользоваться их преимуществами. Однако субъективный и сложный характер этого процесса адаптации затрудняет всесторонний анализ ключевых факторов.

В нашем **исследовании «Адаптация менеджеров к искусственному интеллекту: изменение компетенций»** была предпринята попытка изучить возможности корпоративных менеджеров по адаптации к внедрению искусственного интеллекта через развитие новых компетенций. Были рассмотрены ключевые вопросы адаптации менеджеров к искусственному интеллекту, а также то, какие компетенции становятся более важными в этом контексте; предложен ряд мер и рекомендаций по изменению компетенций менеджеров в условиях внедрения технологий искусственного интеллекта.

Внедрение технологий искусственного интеллекта ставит перед менеджерами не только сложные задачи, но и открывает новые возможности для оптимизации бизнес-процессов и достижения успеха. Менеджеры, обладающие пониманием и навыками работы с ИИ, способные адаптироваться к быстро меняющейся среде и принимать этически обоснованные решения, могут стать ключом к успешной интеграции ИИ в организации [3].

**Роботы - неотъемлемая часть стратегий устойчивого развития.** Отрасль сервисной робототехники - молодая и активно развивающаяся отрасль, более разнообразная и менее заметная, чем отрасль промышленной робототехники.

В своем отчете за 2022 год статистический департамент IFR сообщает о 975 производителях сервисных роботов. Мировые продажи профессиональных сервисных роботов в 2022 году выросли на 48%; в 2022 году было продано почти 158 000 роботов.

Все большую популярность приобретают роботы гостиничного бизнеса (AP8), продажи которых в 2022 году выросли на 125%. Спрос на профессиональных роботов-уборщиков (AP2) вырос на 8% [4].

Применение мобильных сервисных роботов особенно актуально для России: большая территория, малочисленность населения, суровый климат, производственные и добывающие предприятия, расположенные далеко от мест проживания населения. По этим причинам существует реальная потребность во внедрении автономных мобильных роботов.

Внедрение роботов в жизнь потребителей привело к тому, что они все чаще обсуждаются не только в научной литературе, но и в широких кругах общественности. В нашем **исследовании «Отношение россиян к внедрению роботов в индустрии гостеприимства»** рассматриваются данные, полученные в ходе онлайн-опроса 1564 потребителей в России, Казахстане, Узбекистане и Беларуси. Целью исследования было выяснить, как респонденты относятся к использованию роботов в индустрии



Международная группа ученых под руководством Университета Лидса провела оценку того, как робототехника и автономные системы могут способствовать или препятствовать достижению Целей устойчивого развития ООН (ЦУР). Полученные результаты определяют основные возможности и ключевые угрозы, которые необходимо учитывать при разработке, внедрении и управлении робототехническими и автономными системами.

Для оценки влияния этих передовых технологий на достижение ЦУР международные специалисты провели исследование. Более 102 экспертов в области робототехники, автономных систем и ЦУР из разных стран мира были приглашены к участию в онлайн-опросе, групповых дискуссиях и семинарах для определения положительного и отрицательного влияния робототехники на достижение ЦУР. Затем группа экспертов оценила и обобщила ответы экспертов, чтобы определить основные возможности и угрозы.

Основные возможности:

1. Замена человеческой деятельности: робототехника и автономные системы заменят ручные работы, которые считаются слишком опасными, повторяющимися или для которых невозможно найти рабочую силу.

2. Поддержка человеческой деятельности: вспомогательная автономная робототехника работает рука об руку с человеком, чтобы облегчить его деятельность на работе, в частной и общественной среде.

3. Содействие инновациям: технологические достижения в области робототехники и автономных систем ускоряют исследования и разработки, улучшая совместную работу.

4. Расширение доступа: автономные транспортные системы, включая беспилотники, облегчают доступ к удаленным и опасным зонам, упрощают телекоммуникации, улучшают цепочки поставок и трансформируют существующие виды транспорта.

5. Мониторинг для принятия решений: автоматизированный сбор данных станет быстрым, точным и широкодоступным, что позволит влиять на принятие решений.

Основные угрозы:

1. Усиление неравенства: автономные системы станут недоступными для большинства стран и правительств, а некоторые будут избегать их из-за негативного восприятия.

2. Негативное воздействие на окружающую среду: робототехника и автономные системы оказывают значительное воздействие на окружающую среду за счет использования ресурсов, необходимых для их производства, загрязнения окружающей среды в результате их использования и утилизации, упрощения ландшафта, которого они требуют, и экологических разрушений, которые они вызывают.

3. Отвлечение ресурсов от проверенных решений: широкое внедрение

робототехники и автономных систем требует значительных финансовых ресурсов, и конкуренция за эти ресурсы ставит под угрозу другие проверенные меры, особенно если их цели связаны с социально-политическими проблемами.

4. Неадекватное управление: не будет своевременно создана прочная нормативная база для использования робототехники и автономных систем и права собственности на собираемые ими данные, что вызовет этические проблемы и увеличит риск роста неравенства и негативного воздействия на окружающую среду.

Несмотря на выявленные новые угрозы, участники отметили, что влияние робототехники и автономных систем на прогресс в достижении ЦУР, скорее всего, будет в подавляющем большинстве случаев положительным (рис. 4). Ни на одну из ЦУР робототехника и автономные системы не окажут чрезмерного негативного влияния [6].



Рис. 4. Производители сервисных роботов по странам, 2022 год  
Источник: <https://bytemag.ru/wp-content/uploads/2023/09/sber-robototehnika-2023.pdf>

Инновации в области робототехники также способствуют созданию более устойчивых и экологичных гостиничных и ресторанных объектов. Например, роботизированные системы управления отоплением, кондиционированием воздуха и освещением позволяют снизить энергопотребление и затраты на электроэнергию. Автоматизированная уборка и сортировка отходов также позволяют повысить эффективность переработки и утилизации мусора.

При использовании робототехники и искусственного интеллекта в индустрии гостеприимства необходимо учитывать множество проблем. Возникают этические и социальные проблемы, такие как безработица и

угроза замены человеческого труда роботами. Также необходимо регулировать использование роботов и ИИ в сфере гостеприимства и создавать соответствующую правовую и законодательную базу, гарантирующую защиту данных о гостях.

В целом сервисные роботы и ИИ предоставляют больше возможностей, чем несут в себе ограничений и минусов. Правильное использование этих технологий может способствовать устойчивому развитию и дальнейшей инновационной трансформации индустрии гостеприимства. Современные отели и рестораны активно внедряют в свою работу роботов-официантов, персонализированные системы искусственного интеллекта, предоставляющие рекомендации и повышающие качество обслуживания гостей.

**Заключение.** Устойчивое развитие и инновации на основе робототехники и искусственного интеллекта могут принести значительные преимущества индустрии гостеприимства. Они снижают затраты, повышают эффективность, улучшают качество обслуживания и способствуют более экологичной работе. Однако при внедрении этих технологий необходимо учитывать их социальные и этические последствия, а также регулировать их применение. Все это позволит индустрии гостеприимства и в дальнейшем продолжить свое устойчивое развитие и выводить инновации на новый уровень.

#### **Список литературы**

1. Доклад Минэкономразвития о новой национальной стратегии развития ИИ – основное // D-russia, 2023. <https://d-russia.ru/doklad-minjekonomrazvitiya-o-novoj-nacionalnoj-strategii-razvitiya-ii-osnovnoe.html> (04.11.2023)
2. Гавчук Д.В. Применение искусственного интеллекта в ресторанном бизнесе: оптимизация маркетинговых практик // Экономика: вчера, сегодня, завтра. 2023. Том 13. № 8А. С. 212-221. DOI: 10.34670/AR.2023.40.99.064
3. Гавчук Д.В. Адаптация менеджеров к искусственному интеллекту: изменение компетенций // Тенденции развития научного сообщества в эпоху глобальных перемен: монография. Выпуск 80 (под ред. А.А. Сакиасян). – Уфа: АЭТЕРНА, 2023 – 23-33 с.
4. World Robotics 2023 – Service Robots // International Federation of Robotics (IFR) Statistical Department, 2023 [https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive\\_Summary\\_WR\\_Service\\_Robots\\_2023.pdf](https://ifr.org/img/worldrobotics/Executive_Summary_WR_Service_Robots_2023.pdf) (04.11.2023).
5. Гавчук Д.В. Отношение россиян к роботам в индустрии гостеприимства // Конкурентоспособность в глобальном мире: экономика, наука, технологии. 2023.
6. Can robotics help us achieve sustainable development? // Science News, 2022 <https://www.sciencedaily.com/releases/2022/06/220622113145.htm> (04.11.2023)

**Домнина О.Л.<sup>1</sup>, Горохова И.А.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Волжский государственный университет водного транспорта*

## **АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКЕ**

**Аннотация.** В статье анализируются изменения, происходящие в логистике за два последних года. На основании этих изменений делается вывод о повышении востребованности в работе логистических компаний цифровых технологий. Проведенный анализ позволил выделить наиболее популярные цифровые технологии. Более подробно говорится об организации личного кабинета и цифровой платформе, активно развиваемой в последние годы, работающей на блокчейн-технологии.

**Ключевые слова:** цифровые технологии, анализ цифровых технологий, транспортная логистика

**Domnina O.L.<sup>1</sup>, Gorohova I.A.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Volga State University of Water Transport*

## **ANALYSIS OF DIGITAL TECHNOLOGIES USED IN TRANSPORT LOGISTICS**

**Abstract.** The article analyzes the changes taking place in logistics over the past two years. Based on these changes, it is concluded that there is an increased demand for digital technologies in the work of logistics companies. The analysis made it possible to identify the most popular digital technologies. The organization of a personal account and the digital platform, actively developed in recent years, working on blockchain technology are discussed in more detail.

**Keywords:** digital technologies, analysis of digital technologies, transport logistics

После февраля 2022 года и введения против России санкций произошла существенная перестройка логистических потоков. Это коснулось переориентации этих потоков с преимущественного европейского направления на перевозку грузов через Дальний Восток в направлении Китая и в Турцию через Азово-Черноморский бассейн. Это привело к значительному удорожанию перевозки грузов, а также к смене алгоритмов выбора логистических партнеров, увеличению сроков доставки, увеличению количества перегрузочных операций и рисков, изменению системы взаиморасчетов [1]. В связи с уходом многих зарекомендовавших себя партнеров, необходимостью поиска альтернативных рынков продукции, смены схем доставки продукции, возник запрос на повышение скорости принимаемых решений. На фоне сложившегося дефицита кадров на рынке труда, вызванного демографическими изменениями и усугубленного оттоком части работоспособного населения из России, вызванного военными

действиями, а также задействованием в СВО этот запрос может быть решен только за счет цифровизации логистических процессов. В сложившихся условиях применение цифровых технологий становится инструментом поиска оптимальных решений, повышения конкурентоспособности логистических компаний и снижения стоимости оказываемых услуг.

Необходимо отметить еще одну тенденцию, складывающуюся на логистическом рынке России. Это увеличение доли компаний, занимающихся как перевозкой грузов, так и экспедированием [2]. Это связано с уходом с рынка зарубежных компаний, предоставлявших такой сервис. Если до 2022 года преобладали транспортные компании, имеющие узкую специализацию (заточенные на конкретный вид транспорта), то сейчас четкое деление на виды транспорта стирается, появляются крупные операторы-гибриды, формирующие сложные схемы перевозок. Это тоже приводит к повышению востребованности использования цифровых технологий в их работе.

Проведенный анализ литературы, сайтов транспортных компаний и интернет-источников [3-5] позволил выявить наиболее востребованные цифровые технологии (рис. 1).

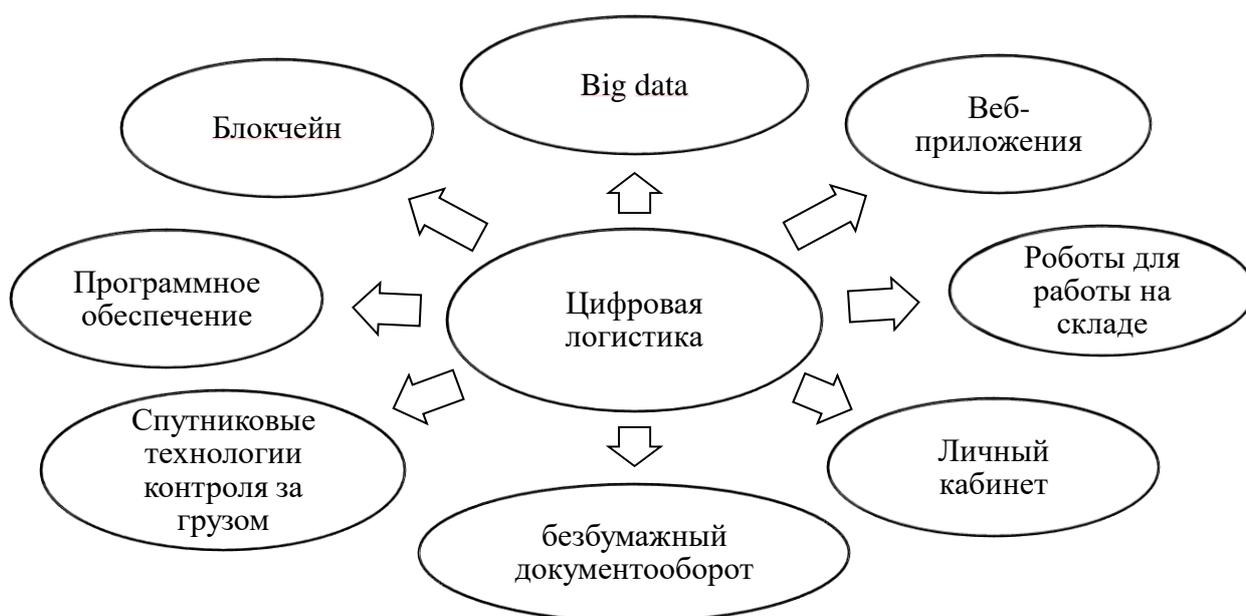


Рис. 1. Наиболее востребованные цифровые технологии в транспортной логистике

Рассмотрим некоторые из них более подробно.

Использование программного обеспечения позволяет оперативно на основе интеграции с исходными данными моделировать маршруты при различных сценариях развития, выбирать оптимальные. Среди них можно указать: AnyLogistix, Llamasoft, BlueYonder, SCM Globe, Arena, ORTEC. Наиболее популярным является AnyLogistix. Для маршрутизации последней мили достаточно часто используется также Яндекс маршрутизация. Она позволяет подбирать количество машин, равномерно нагружать водителей,

минимизировать время опоздания и др. Основные преимущества - гибкое подстраивание под любую операционную систему, мощная серверная инфраструктура и геоданные (прогноз пробок, собственные карты).

Переход на электронный документооборот позволяет транспортным компаниям снижать затраты на заработную плату персонала за счет ускорения времени их обработки и проверки. Дополнительно это приводит к уменьшению затрат на доставку бланков, их хранение.

Примером отечественной экосистемы, работающей на блокчейне, является экосистема Vezubr. Среди ее сервисов – формирование электронных документов с использованием электронных квалифицированных подписей, моделирование маршрутов и автоматический расчет тарифов [6, 7]. Еще одной экосистемой, работающей на блокчейне, является объединение платформ Monopoly.Online, разработанное компанией «Инносети», с платформой «Цунами», занимающейся сопровождением перевозок, страхованием грузов [8]. В результате их объединения, работа с клиентами стала полностью автоматизированным процессом, позволяющим не только подбирать оптимальный маршрут, оптимизировать бизнес-процессы участников, связанные с перевозками, но и снижать риски, возникающие в процессе перевозки, вести электронные способы онлайн оплаты, обеспечивать круглосуточную поддержку клиента.

Основным мотивом использования личного кабинета в работе компаний является желание повышения качества оказываемых услуг и, как следствие, развитие клиентского сервиса. В результате формирования такого кабинета, клиент может экономить время на оформлении документов, проконтролировать местонахождение груза и др. Кроме того, наличие личного кабинета облегчает транспортной компании масштабировать бизнес и сохранять информацию о клиентах при смене сотрудника, повышать свою репутацию среди клиентов. Средняя окупаемость организации личного кабинета оценивается в 2-3 года. Наиболее востребованными функциями личного кабинета являются: расчет тарифа, подача заявки и трекинг (по 78%), наличие чата и электронных взаиморасчетов (по 67%), ведение электронного документооборота (55%) [2].

Отдельно хочется заметить, что среди экспедиторских компаний использование цифровых технологий является более востребованным, нежели среди компаний-перевозчиков. Так, в ходе проведенного в 2022 году исследования на интернет-портале Logirus среди 47 транспортных компаний было выявлено, что цифровые технологии внедрили в свою работу или находились в стадии внедрения 34% компаний перевозчиков-экспедиторов, в то время как узко специализированные компании только на перевозке или только на экспедировании – соответственно лишь 8% и 4% [2].

Кроме того, была установлена очевидная связь степени цифровизации работы компаний с их оборотом. Чем более крупная компания, тем в

большей степени она, как правило, использует различные цифровые технологии в своей работе.

Таким образом, особенно в последние два года логистические компании в условиях усложнения логистики и дефицита кадров ищут пути оптимизации бизнес-процессов и снижения своих затрат. Это приводит к необходимости перехода от отдельных элементов цифровизации к использованию целых экосистем, ориентированных объединением нескольких цифровых технологий в своей работе.

### Список литературы

1. Домнина, О. Л. Влияние санкций на перевозку грузов / О. Л. Домнина // Транспорт. Горизонты развития: Труды 2-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 07–09 июня 2022 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2022. – С. 9.
2. Бушуева А. Итоги исследования: как транспортная отрасль переходит на цифровое взаимодействие с клиентами// <https://blog.arealidea.ru/articles/portal/research-result/> (дата обращения 27.05.2023)
3. Карасев, С. В. Информационные решения в логистике / С. В. Карасев, Е. А. Пузанова // Инновации, логистика, менеджмент в современной бизнес-среде: Материалы V международной научно-практической конференции, Саратов, 21 декабря 2022 года. – Саратов: Общество с ограниченной ответственностью "Амирит", 2022. – С. 195-197.
4. Цифровизация транспортной логистики как драйвер будущего развития страны / О. Л. Домнина, В. В. Цверов, А. А. Лисин, О. В. Чувиллина // Управление развитием крупномасштабных систем MLSD'2019: Материалы двенадцатой международной конференции Научное электронное издание, Москва, 01–03 октября 2019 года / Под общей ред. С.Н. Васильева, А.Д. Цвиркуна. – Москва: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2019. – С. 668-670. – DOI 10.25728/mlsd.2019.1.0668.
5. Логистика смешанных перевозок / В. Н. Костров, В. Н. Бутченко, Д. А. Коршунов [и др.]; Под редакцией В.Н. Кострова. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2020. – 124 с. – ISBN 978-5-901722-68-8..
6. Домнина, О. Л. Концепция применения технологии блокчейн в транспортной логистике / О. Л. Домнина, А. В. Курманов, М. Н. Фомичев // Экономика и предпринимательство. – 2018. – № 6(95). – С. 1156-1163
7. Берман Н.Д. Цифровизация логистики: применение технологии "blockchain"/ International Journal of Advanced Studies. 2018. Т. 8. No 1-2. С.21-28.
8. В России запустилась первая логистическая экосистема// [https://new-retail.ru/novosti/retail/v\\_rossii\\_zapustilas\\_pervaya\\_logisticheskaya\\_ekosistema6844/](https://new-retail.ru/novosti/retail/v_rossii_zapustilas_pervaya_logisticheskaya_ekosistema6844/) (дата обращения 27.05.2023).

**Куликов Р.С.<sup>1</sup>, Баталов Д.И.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I*

## **МОДЕЛИ И МЕТОДЫ СЕМАНТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ВОПРОСНО-ОТВЕТНЫХ СИСТЕМАХ**

**Аннотация.** В данной работе рассматриваются модели и методы семантического анализа в вопросно-ответных системах. Были проанализированы различные модели, такие как BERT, GPT, WordNet, ConceptNet, Word2Vec и FastText, а также методы семантического анализа, такие как сопоставление шаблонов, извлечение ключевых слов и сущностей, семантическое сравнение, машинное обучение и использование баз знаний. Основные результаты исследования включают оценку преимуществ и недостатков каждой модели и метода, выявление возможностей и ограничений, а также предложение комбинированного подхода для достижения оптимальных результатов.

**Ключевые слова:** семантический анализ, вопросно-ответные системы, модели, методы, BERT, GPT, WordNet, ConceptNet, Word2Vec, FastText

**Kulikov R.S.<sup>1</sup>, Batalov D.I.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University*

## **MODELS AND METHODS OF SEMANTIC ANALYSIS IN QUESTION-AND-ANSWER SYSTEMS**

**Abstract.** In this paper, models and methods of semantic analysis in question-and-answer systems are considered. Various models such as BERT, GPT, WordNet, ConceptNet, Word2Vec and FastText were analyzed, as well as semantic analysis methods such as pattern matching, keyword and entity extraction, semantic comparison, machine learning and the use of knowledge bases. The main results of the study include an assessment of the advantages and disadvantages of each model and method, identification of opportunities and limitations, as well as the proposal of a combined approach to achieve optimal results.

**Keywords:** semantic analysis, question-answer systems, models, methods, BERT, GPT, WordNet, ConceptNet, Word2Vec, FastText

Вопросно-ответные системы активно применяются в RPA-системах для автоматизации обработки текстовой информации. Они позволяют извлекать информацию из больших объемов текста, обучать систему на основе исторических данных, интегрироваться с другими системами и анализировать текстовую информацию в реальном времени. Это в свою очередь улучшает качество обслуживания, ускоряет обработку запросов, повышает эффективность бизнес-процессов и улучшает пользовательский опыт [1].

Однако для эффективной работы таких систем необходимо точно понимать и соотносить смысл вопросов и ответов. Семантический анализ играет ключевую роль в этом процессе, позволяя понять смысл высказываний и определить связи между ними. Развитие методов и моделей семантического анализа является актуальной задачей для повышения производительности и точности вопросно-ответных систем [2].

Одной из основных проблем семантического анализа в вопросно-ответных системах является точное определение и соотнесение смысла вопросов и ответов. Это вызывается несколькими аспектами, такими как контекстуальная зависимость, неоднозначность, недостаточная информация и сложность синтаксических и семантических структур. Целью данного исследования является расширение знаний и разработка новых подходов к семантическому анализу высказываний в вопросно-ответных системах с целью повышения их эффективности и точности обработки информации.

Для достижения поставленной цели в данной работе ставятся следующие задачи: анализ существующих моделей и методов семантического анализа, разработка новой модели и метода семантического анализа, проведение экспериментального исследования эффективности и точности разработанных моделей и методов, интеграция разработанной модели и метода в систему вопросно-ответной обработки и анализ полученных результатов экспериментов.

В области обработки вопросно-ответных систем существует несколько моделей и методов семантического анализа, которые позволяют улучшить производительность и точность таких систем [3]. Одной из передовых моделей является BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) [4], которая учитывает контекст при анализе текста. Еще одной популярной моделью является GPT (Generative Pre-trained Transformer), которая используется для генерации текста [5].

Также существуют модели на основе графов, такие как WordNet и ConceptNet. WordNet представляет собой лексическую базу данных с семантическими отношениями между словами. ConceptNet является базой знаний с графом семантических отношений между понятиями [6]. Обе модели могут быть использованы для понимания смысла высказываний и ответов на вопросы.

Еще одним подходом является использование векторных представлений слов, таких как Word2Vec и FastText. Word2Vec преобразует слова в векторы в многомерном пространстве, а FastText учитывает подслова в словах. Оба подхода позволяют вычислять семантическую близость между словами и фразами [7].

Одной из основных проблем семантического анализа в вопросно-ответных системах является точное определение и соотнесение смысла вопросов и ответов. Это связано с контекстуальной зависимостью, неоднозначностью, недостаточной информацией и сложностью

синтаксических и семантических структур [8]. Недостаточное обучение алгоритмов также может привести к низкой производительности системы.

Целью данного исследования является расширение знаний и разработка новых подходов к семантическому анализу высказываний в вопросно-ответных системах с целью повышения эффективности и точности обработки информации. Для достижения этой цели поставлены следующие задачи:

1. Анализ существующих моделей и методов семантического анализа обработки высказываний в вопросно-ответных системах.

2. Разработка новой модели и метода семантического анализа, учитывающих контекстуальную зависимость, неоднозначность, недостаточную информацию и сложность синтаксических и семантических структур.

3. Проведение экспериментального исследования эффективности и точности разработанных моделей и методов на различных наборах данных и сравнение их с существующими подходами.

4. Интеграция разработанной модели и метода в систему вопросно-ответной обработки и оценка их производительности и качества.

5. Анализ полученных результатов экспериментов и оценка эффективности разработанной модели и метода.

Разработка новой модели и метода семантического анализа является необходимой для улучшения производительности и точности вопросно-ответных систем. Это позволит более точно определять и соотносить смысл вопросов и ответов, учитывая контекстуальную зависимость, неоднозначность, недостаточную информацию и сложность синтаксических и семантических структур.

Методы семантического анализа включают сопоставление шаблонов, извлечение ключевых слов и сущностей, семантическое сравнение, машинное обучение и использование баз знаний [9]. Метод сопоставления шаблонов основан на поиске заданных шаблонов в вопросах и тексте для выявления соответствия. Метод извлечения ключевых слов и сущностей направлен на выделение важных терминов и сущностей из вопроса и текста. Метод семантического сравнения основан на сравнении семантической структуры вопроса и текста с использованием различных метрик и алгоритмов. Метод машинного обучения используется для обучения моделей, которые могут понимать семантику вопросов и ответов на основе обучающих данных. Метод использования баз знаний включает использование предварительно созданных баз знаний, таких как WordNet или ConceptNet, для обогащения семантического понимания вопросов и ответов.

Архитектура системы вопросно-ответной обработки включает компоненты предобработки текста, извлечения признаков, семантического анализа, классификации и ранжирования, генерации ответа и оценки

качества ответа. Предобработка текста включает операции, такие как удаление стоп-слов, токенизация и лемматизация. Извлечение признаков отвечает за извлечение ключевых слов, сущностей и других структурных элементов текста. Семантический анализ включает сравнение семантической близости, выявление семантических отношений и определение контекстуальной зависимости. Классификация и ранжирование отвечают за классификацию и ранжирование ответов на основе их семантической близости и соответствия вопросу. Генерация ответа отвечает за генерацию ответа на основе выбранного классификатора или ранжировщика. Оценка качества ответа включает проверку правильности, полноты, понятности и логичности ответа.

Архитектура системы вопросно-ответной обработки может быть дополнена и изменена в зависимости от требований и задач. Нейросетевые подходы, такие как модель BERT и GPT, стали популярными в области контекстуального анализа вопросов и ответов. Они позволяют учитывать контекст и генерировать точные ответы. Применение семантического анализа и машинного обучения в задачах вопросно-ответного взаимодействия позволяет повысить точность и эффективность системы.

В данной статье исследованы модели и методы семантического анализа в вопросно-ответных системах. Были проанализированы модели BERT, GPT, WordNet, ConceptNet, Word2Vec и FastText, а также методы семантического анализа, такие как сопоставление шаблонов, извлечение ключевых слов и сущностей, семантическое сравнение, машинное обучение и использование баз знаний. Основные результаты исследования включают оценку преимуществ и недостатков каждой модели и метода, выявление возможностей и ограничений, предложение комбинированного подхода и предоставление обзора современных исследований в области семантического анализа в вопросно-ответных системах.

В дальнейшем исследовании можно рассмотреть разработку новых моделей и методов, учитывающих контекстуальную зависимость, неоднозначность, недостаточную информацию и сложность синтаксических и семантических структур вопросно-ответных систем. Также можно провести экспериментальное исследование эффективности и точности разработанных моделей и методов на различных наборах данных, интегрировать их в систему вопросно-ответной обработки и оценить их производительность и качество. Анализ полученных результатов экспериментов и эффективности исследованных моделей и методов также является важным направлением дальнейших исследований. Эти исследования могут значительно улучшить производительность и точность вопросно-ответных систем, а также расширить их возможности в решении сложных задач.

## Список литературы

1. Ермаков, С. Г. Использование платформы Robin RPA в процессе цифровой трансформации транспортных компаний / С. Г. Ермаков, Д. И. Баталов, И. С. Мельников // Интеллектуальные технологии на транспорте. – 2023. – № 1(33). – С. 5-14.
2. Баталов, Д. И. Организация и проектирование векторно-поточковых процессоров логического вывода : диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.13 / Ленинград. электротехнич. ин-т. - Ленинград, 1991. - 321 с.
3. Житко В. А. Пользовательский интерфейс интеллектуальных вопросно-ответных системах // Кибернетика и программирование. 2012. № 1. С. 23-30.
4. Cesar L. B., Manso-Callejo M. A., Cira C. I. BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) for missing data imputation in solar irradiance time series //Engineering Proceedings. – 2023. – Т. 39. – №. 1. – С. 26.
5. Dehouche N. Plagiarism in the age of massive Generative Pre-trained Transformers (GPT-3) //Ethics in Science and Environmental Politics. – 2021. – Т. 21. – С. 17-23.
6. Понкин Д. И. Концепт предобученных языковых моделей в контексте инженерии знаний //International Journal of Open Information Technologies. – 2020. – Т. 8. – №. 9. – С. 18-29.
7. Мукашев А. Ш. и др. Разработка системы анализа больших массивов текстовых данных с применением методов дистрибутивной семантики // Синтез науки и образования как механизм перехода к постиндустриальному обществу. – 2022. – С. 39-49.
8. Николаева Т. М., Городецкий Б. Ю., Шатуновский И. Б. Интенциональный и когнитивный аспекты смысла высказывания // Библиография. – 2003. – Т. 4. – №. 8. – С. 8.
9. Дементьев В. Е., Киреев С. Х. Выбор алгоритмов машинного обучения для классификации текстовых документов //Техника средств связи. – 2022. – №. 2 (158). – С. 22-52.

**Панокин Н.В.<sup>1</sup>, Костин И.А.<sup>1</sup>, Карловский А.В.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Московский политехнический университет*

**РЕАЛИЗАЦИЯ МЕТОДА ОБРАБОТКИ ДАННЫХ АВТОМОБИЛЬНОГО РАДАРА  
МИЛЛИМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА НА БАЗЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ  
НЕЙРОННОЙ СЕТИ MFNN**

**Аннотация.** Распознавание и представления дорожной сцены является актуальной задачей в сфере автономного управления транспортом. Одним из способов улучшения характеристик существующих аппаратных средств сенсорики представляется применение нейронных сетей для обработки сигналов. В докладе приведены результаты экспериментальных исследований эффективности алгоритма представления дорожной сцены с использованием модифицированной нейронной сети MFNN, реализованного на базе автомобильного радара миллиметрового диапазона. Приведено сравнение с классическим алгоритмом, построенным на базе быстрого преобразования Фурье (БПФ). Анализ полученных результатов показал возможность существенного улучшения характеристик разрешения нескольких близкорасположенных объектов, а также возможность определения формы объекта с использованием радара с небольшим числом каналов.

**Ключевые слова:** трехмерная дорожная сцена, автомобильный радар, антенная решетка, искусственная нейронная сеть, MFNN, избыточный базис, норма L0/L1, DOA.

**Panokin N.V.<sup>1</sup>, Kostin I.A.<sup>1</sup>, Karlovskiy A.V.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> *Moscow Polytechnic University*

**IMPLEMENTATION OF A METHOD FOR PROCESSING DATA OF AUTOMOTIVE  
RADAR MILLIMETER RANGE BASED ON A MODIFIED MFNN NEURAL  
NETWORK**

**Abstract.** The report presents the results of research on the effectiveness of the algorithm for representing the road scene using the MFNN neural network, implemented on the basis of a millimeter-wave automotive radar. A comparison is made with the classical algorithm based on the fast Fourier transform (FFT). The possibility of significantly improving the resolution characteristics of several nearby objects, as well as the possibility of determining the shape of an object using a radar with a small number of channels, is demonstrated.

**Keywords:** three-dimensional road scene, car radar, antenna array, artificial neural network, MFNN, over-complete basis, L0/L1 norms, DOA

Одним из ключевых вызовов в развитии технологий автономного и беспилотного транспорта является анализ окружающего пространства. Перед исследователями стоят актуальные задачи повышения разрешающей способности сенсорных систем и точности детектирования и идентификации объектов дорожной сцены.

Разрешающая способность сенсорных систем, таких как радары, лидары, емкостные датчики и прочие, ограничена параметрами их физической реализации (линейными размерами, интервалом временного анализа и т.п.). При этом наряду с исследованиями по улучшению физической и аппаратной реализации сенсорных систем, существуют методы, которые позволяют при определенных ограничениях значительно улучшить их характеристики, включая разрешающую способность, как в пространственной, так и во временной области.

По предварительным оценкам такие методы могут давать пятикратное повышение разрешающей способности в определенных условиях. Это, например, эквивалентно достижению углового разрешения  $0.6^{\circ}$ - $1.0^{\circ}$  для малогабаритных автомобильных радиолокационных сенсоров миллиметрового диапазона, что приближает их по характеристикам к лидарам.

Классическими методами представления данных на основе выбранного ортогонального базиса являются алгоритмы быстрого преобразования Фурье, косинусное преобразование, вейвлет-преобразование и т. п. [1-4].

Основными проблемами существующих методов являются ограничения разрешающей способности.

Для решения вышеуказанной проблемы используется ряд методов оценки направления прибытия (Direction-of-Arrival, DOA), предназначенных для повышения точности определения направления и мощности принимаемых (отраженных от объектов) сигналов. Примерами таких методов являются алгоритмы множественной классификации сигналов (MUSIC) [5], оценки параметров сигнала с помощью методов ротационной инвариантности (ESPRIT). Однако они не подходят для случая сильно коррелированных сигналов, которыми являются сигналы радара, отраженные от объектов. Для таких сигналов наиболее подходящими являются методы избыточного базиса, заключающиеся в использовании базиса с существенно большим числом компонент в сравнении с числом компонент в анализируемых данных, что приводит к задаче так называемого разреженного представления (Sparse Representation, SR).

В отличие от классических методов элементами базиса могут быть не обязательно ортогональные между собой функции, а методы представления сигналов основываются на их разложении на ряд оптимальных базовых компонент, которые находятся из избыточного базисного словаря с помощью таких алгоритмов оптимизации, как, например, MP (matching pursuit), MOF (method of frame) и BP (basis pursuit) с использованием различных норм  $L_0/L_1$  [7-14]. Избыточный базис или базисные компоненты задаются априори или находятся при помощи таких алгоритмов, как поиск соответствий, методы фреймов и поиска базиса в зависимости от текущих характеристик принимаемых данных. Основное внимание в указанных

работах посвящено теоретическому обоснованию применяемых методов и результатов математического моделирования.

В настоящем докладе приведены результаты экспериментального исследования эффективности алгоритма представления дорожной сцены, в частности, обнаружения пешеходов и автомобилей с использованием автомобильного радара миллиметрового диапазона и метода определения компонентов данных применительно к задаче DOI, построенного на основе нейронной сети MFNN (англ. minimum fuel neural network) [15], модифицированной для случая представления сигналов, принимающих комплексные значения в виде коэффициентов избыточного базиса (ИБ), минимизирующего эти коэффициенты по норме L1. Приведено сравнение с классическим алгоритмом, построенным на базе быстрого преобразования Фурье (БПФ).

Для исследований использовался стенд на базе экспериментального образца радара, характеристики которого представлены ниже (табл. 1).

Таблица 1 — Характеристики экспериментального образца радара

Наименование	Значение
Рабочая частота	24 ГГц
Количество антенных каналов	8
Вид модуляции сигнала	ЛЧМ
Разрешение по азимуту	13,0°
Разрешение по дальности	0,15 м
Максимальная дальность	67 м
Рабочая частота	24 ГГц
Количество антенных каналов	8

Принятые антенными элементами радара сигналы после усиления, предварительной фильтрации и преобразования в цифровой вид по каналу Ethernet 1 Гб/с передавались для дальнейшей обработки внешним вычислительным устройством на базе процессора Intel i7-5960X, 3ГГц (рис. 1).

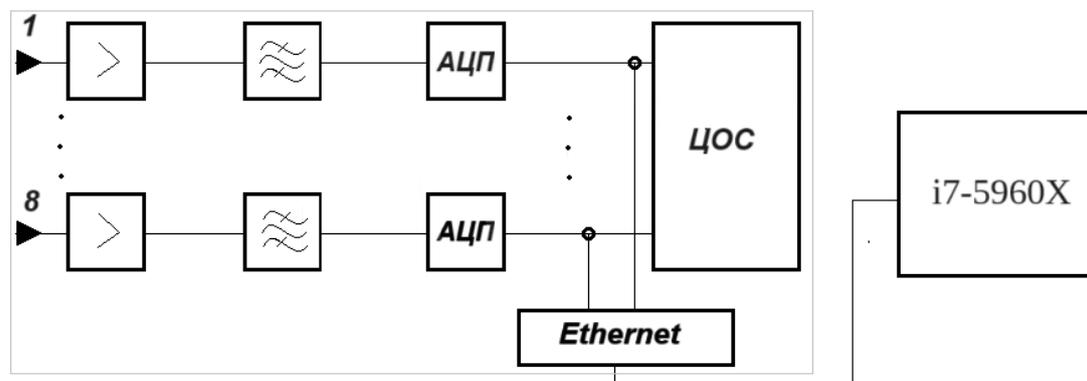


Рис. 1. Функциональная схема стенда

Предварительное преобразование во внешнем вычислительном устройстве заключалось в фильтрации полученных данных по дальности с использованием корреляционной обработки или БПФ размерности  $L=512$ . Обработываемые реальные данные содержали, кроме отраженных сигналов, шумы приемных трактов, искажения и амплитудно-фазовые разбросы каналов, ошибки, связанные с конечной разрядностью АЦП (16 разрядов). Полученная в результате матрица комплексных значений размером  $8 \times 512$  затем передавалась на обработку одним из методов DOA для каждой дальности. Такая реализация стенда позволила оперативно корректировать программы обработки данных радара в процессе проведения исследований. Экспериментально исследовались характеристики обнаружения и определения положения пешеходов и автомобилей в сравнении со стандартным алгоритмом DOA, основанным на БПФ.

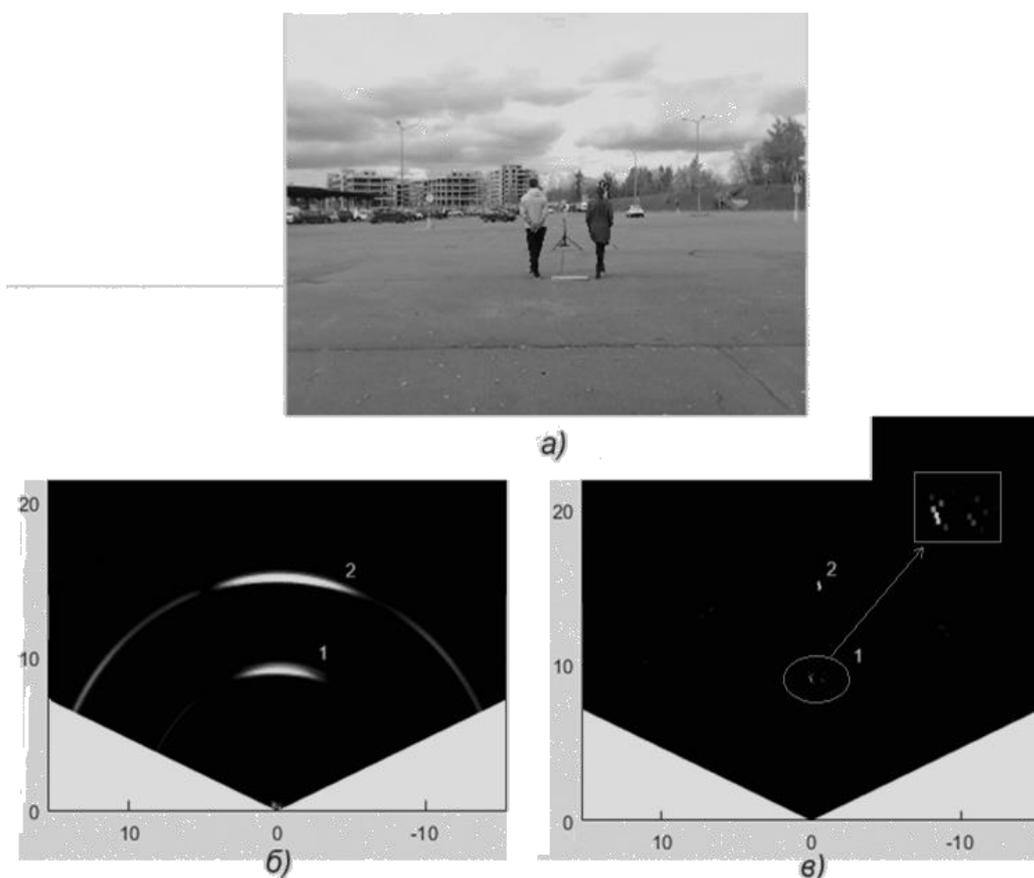


Рис. 2. Экспериментальная дорожная сцена  
*a* – кадр видеоизображения; *б* – результат алгоритма БПФ;  
*в* – результат работы алгоритма ИБ

Проведены эксперименты для дорожной сцены, в которой присутствуют два пешехода на одинаковой дальности – 9 м и угловый отражатель на дальности 15 м. На рисунке представлены результаты, где сверху расположен соответствующий кадр видеоизображения дорожной сцены (рис. 2, *a*); снизу слева изображен результат работы алгоритма на базе

БПФ (рис. 2, б), а снизу справа – результат работы рассматриваемого метода при использовании избыточного базиса (рис. 2, в), в том числе увеличенный фрагмент радиолокационного изображения. По оси  $X$  отложено горизонтальное смещение, а по оси  $Y$  - дальность в метрах.

Отраженные сигналы от двух пешеходов при использовании стандартного метода на базе БПФ не разделяются и представлены как общий отклик 1 в пределах зоны по горизонтали 5 м на дальности 9 м (рис. 2, б). На дальности 15 м одиночный уголкового отражатель представлен как отклик 2 в пределах зоны по горизонтали 8 м, что не позволяет его идентифицировать как точечное препятствие.

Результаты обработки комплексных значений нейронной сетью MFNN (рис. 2, в) показывают раздельное отображение отраженных сигналов от двух пешеходов, что позволило определить их как два независимых объекта на одной дальности при расстоянии между ними по горизонтали 1,0 м, что соответствует угловому расстоянию между ними в азимутальной плоскости  $6^\circ$ . Одиночный уголкового отражатель представлен точечным откликом 2 на дальности 15 м.

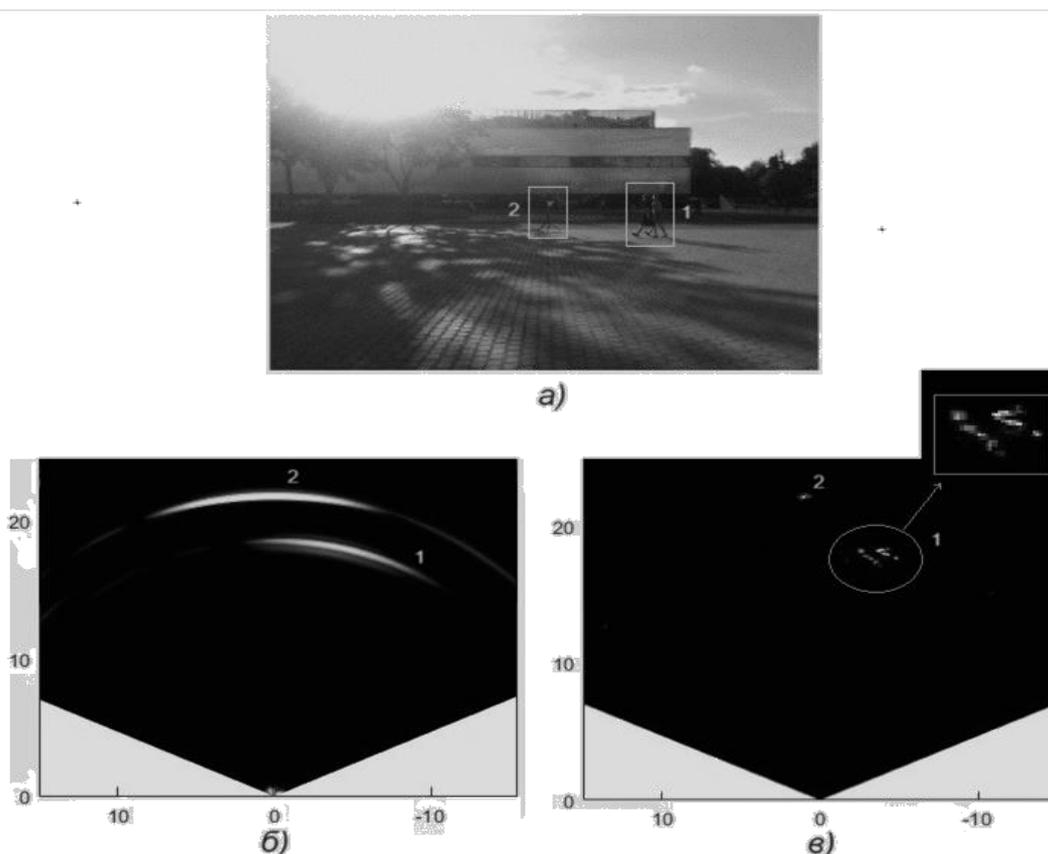


Рис. 3. Экспериментальная дорожная сцена  
*а* – кадр видеоизображения; *б* – результат алгоритма БПФ;  
*в* – результат работы алгоритма ИБ

Эксперимент для другой дорожной сцены, где присутствует группа из двух пешеходов, идущих параллельно на дальностях 18 и 19 м с небольшим

смещением 0,5 м по горизонтали, и уголкового отражателя на дальности 22 м, показал следующие результаты: при использовании стандартного метода на базе БПФ отклики от пешеходов не разделяются ни по дальности, ни по горизонтальному смещению и представлены как общий отклик 1 в пределах зоны по горизонтали 8 м на дальности 19 м (рис. 3, б). На дальности 22 м одиночный уголкового отражатель представлен как отклик 2 в пределах зоны по горизонтали 11 м, что не позволяет его идентифицировать как точечное препятствие.

Результаты обработки данных нейронной сетью MFNN (рис. 3, в) показывают раздельное отображение отраженных сигналов от двух пешеходов, что позволило определить их как два независимых объекта 1 на дальностях 18 и 19 м при смещении между ними по горизонтали 1 м, что соответствует угловому расстоянию между ними в азимутальной плоскости  $3^\circ$ . Одиночный уголкового отражатель представлен точечным откликом 2 на дальности 22 м.

Таким образом, полученное экспериментально значение углового разрешения в азимутальной плоскости при использовании нейронной сети MFNN, оказалось в 4 раза выше, чем при использовании стандартного метода БПФ.

Далее проведено экспериментальное исследование для трехмерной дорожной сцены, в которой присутствует автомобиль RAV4, расположенный на расстоянии 9 м.

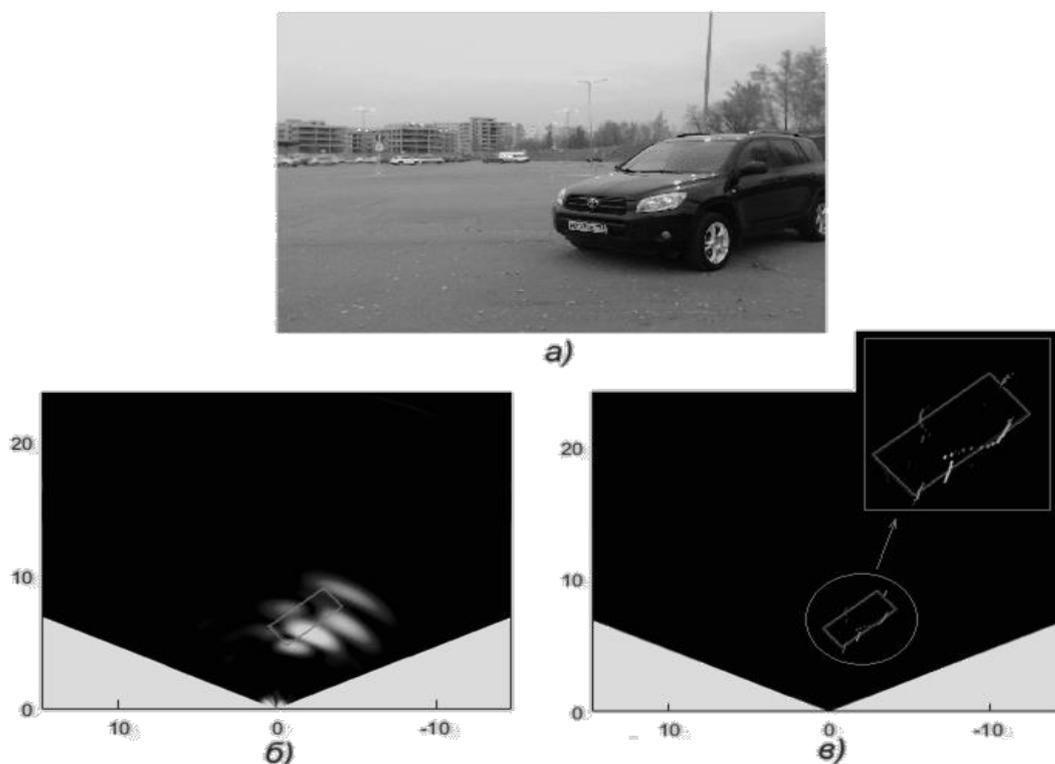


Рис. 4. Экспериментальная трехмерная дорожная сцена  
*a* – кадр видеозображения; *б* – результат алгоритма БПФ;  
*в* – результат работы алгоритма ИБ

На рисунке контур автомобиля размером 1,8x4,4 м показан зеленым цветом. По откликам, полученным от автомобиля для алгоритма на основе БПФ (рис. 4, б), положение, его габариты составляют 4x6 м. Результаты обработки данных нейронной сетью MFNN (рис. 4, в) дают габариты 2x5 м, что намного ближе к истинным габаритам и положение, практически совпадающее с контуром автомобиля.

В результате проведенных исследований получено подтверждение практической реализуемости и эффективности функционирования, разработанной модификации метода MFNN, продемонстрирована возможность существенного улучшения характеристик разрешения нескольких близкорасположенных объектов, а также возможность определения формы объекта с использованием радара с небольшим числом каналов.

Полученные результаты могут быть использованы при создании решений для повышения эффективности обнаружения препятствий на пути следования транспорта, автоматического управления транспортным средством, непрерывного мониторинга окружающей среды и прочее, что позволит улучшить безопасность и эффективность функционирования высокоавтоматизированных и автономных систем.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках государственного задания № FZRR-2023-0008.*

#### **Список литературы**

1. Krim, H.; Viberg, M. Two decades of array signal processing research-The parametric approach. *IEEE Signal Process. Mag.* 1996, 13, 67–94.
2. Lee, E.K.; Lee, J. Performance analysis of conventional beamforming algorithm for angle-of-arrival estimation under measurement uncertainty. *Int. J. Antennas Propag.* 2020, 2020, 1–24.
3. Capon, J. High resolution frequency-wavenumber spectrum analysis. *Proc. IEEE* 1969, 57, 1408–1418.
4. Cho, S.; Lee, J. Efficient Implementation of the Capon beamforming using the Levenberg–Marquardt scheme for two-dimensional AOA estimation. *Prog. Electromagn. Res.* 2013, 137, 19–34.
5. Schmidt, R.O. Multiple emitter location and signal parameter estimation. *Proc. Radc Spectr. Est. Work. Shop* 1979, 34, 243–258.
6. Cichocki, A.; Unbehauen, R. *Neural Networks for Optimization and Signal Processing.* Teubner-Wiley: Stuttgart, Germany, 1993, ISBN: 978-0-471-93010-5.
7. Zala, C. A.; Barrodale, I.; Kennedy J. S. High- resolution signal and noise field estimation using the L1 (least absolute values) norm. *IEEE J. Oceanic Eng.* 1987, 12(1), 253–264. DOI: 10.1109/JOE.1987.1145232.
8. Bandler, J.W.; Kellerman, W.; Madsen, K. A nonlinear L1 optimization algorithm for design, modeling, and diagnosis of networks. *IEEE Trans. Circuits Syst.* 1987, 34(2), 174–181. DOI: 10.1109/TCS.1987.1086100.

9. Abdelmalek, N. N. Solutions of minimum time problem and minimum fuel problem for discrete linear admissible control systems. *Int. J. Syst. Sci.* 1978, 8, 849–859. DOI: 10.1080/00207727808941743.
10. Levy, S.; Walker, C.; Ulrych, T. J.; Fullagar, P. K. A linear programming approach to the estimation of the power spectra of harmonic processes. *IEEE Trans. Acoust. Speech, Signal Processing.* 1992, 30(4), 675–679. DOI: 10.1109/TASSP.1982.1163928
11. Stanković, L.; Sejdić, E.; Stanković, S. et al. A Tutorial on Sparse Signal Reconstruction and Its Applications in Signal Processing. *Circuits Syst Signal Process.* 2019, 38, 1206–1263. DOI: 10.1007/s00034-018.9-0909-2
12. Rajko, R. Studies on the adaptability of different Borgen norms applied in selfmodeling curve resolution (SMCR) method. *Journal of Chemometrics* 2009, 23(6), 265–274. DOI: 10.1002/cem.1221
13. Tibshirani, R. Regression shrinkage and selection via the lasso, *J. Roy. Stat. Soc. B.* 1996, 58(1), 267–288. DOI:10.2307/41262671
14. Marquardt, D.W.; Snee, R.D. Ridge regression in practice. *Am. Statistician* 1975, 29(1), 3–20. DOI: 10.1080/00031305.1975.10479105
15. Wang Zhishun, John Y. Cheung, Y. S. Xia and Jiande Chen. Minimum Fuel Neural Networks and Their Applications to Overcomplete Signal Representations. // *IEEE Transactions on Circuits and Systems I Fundamental Theory and Applications* 47(8), September 2000. – 2000. – pp. 1146 – 1159.

*Научное издание*

**ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ ОБРАЗОВАНИЯ  
И ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ:  
АНАЛИЗ ОПЫТА И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Сборник статей Международного научно-практического IT-форума

*Санкт-Петербург, 23–24 ноября 2023 года*

*Под общей редакцией* **Сергея Геннадьевича Ермакова,  
Леси Михайловны Божко,  
Дмитрия Иннокентьевича Баталова**

Ответственный за выпуск *Д. И. Баталов*

Компьютерная верстка *М. М. Оржевский, А. В. Никифорова*

Подписано в печать с оригинал-макета 24.12.2024.  
Объем 7,95 Мб. Тираж 100 экз.

ФГБОУ ВО ПГУПС. 190031, СПб., Московский пр., 9.