BIG DATA
And Advanced Analytics

X Международная научно-практическая конференция

Часть 1

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
Национальная академия наук Беларуси
Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси»
Ташкентский университет информационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, Узбекистан
Южный федеральный университет, Российская Федерация
ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Российская Федерация
Евразийский национальный университет имени Л. Н. Гумилева, Республика Казахстан
Технологический университет Шарифа, Иран

BIG DATA И АНАЛИЗ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

BIG DATA AND ADVANCED ANALYTICS

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
X МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ

(Республика Беларусь, Минск, 13 марта 2024 года)

В двух частях
Часть 1

Минск БГУИР 2024

УДК 004.6(082)
ББК 32.973.3я43
Б59

Редакционная коллегия:

В.А. Богуш – доктор физико-математических наук, профессор, ректор учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Республика Беларусь;

С.К. Дик – кандидат физико-математических наук, доцент, депутат Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь седьмого созыва, Республика Беларусь;

Д.В. Лихачевский – кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерного проектирования учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Республика Беларусь;

Т.В. Казак – доктор психологических наук, профессор, заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Республика Беларусь

Г.А. Пискун – кандидат технических наук, доцент,заместитель декана факультета компьютерного проектирования учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Республика Беларусь

Рецензенты:

Т.Б. Тебуева – заведующая кафедрой прикладной математики и компьютерной безопасности Северо-Кавказского Федерального университета, доктор физико-математических наук, доцент, Российская Федерация;

Д.А. Тусупов – заведующий кафедрой информационных систем Евразийского национального университета имени Л. Н. Гумилева, доктор физико-математических наук, профессор, Республика Казахстан;

Д.В. Лихачевский – кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерного проектирования учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Республика Беларусь

А. Косари – старший консультант в области ИТ, кибер и информационной безопасности организации информационных технологий Ирана. Доцент кафедры компьютерной инженерии Международного кампуса Технологического университета Шарифа, кандидат технических наук, Иран

BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сб. науч. ст. X Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 13 марта 2024 года). В 2 ч. Ч. 1 / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск : БГУИР, 2024. – 492 с.

Б59

ISBN 978-985-543-751-3 (ч. 1).

В сборнике опубликованы результаты научных исследований и разработок в области BIG DATA and Advanced Analytics для оптимизации IT- и бизнес-решений, а также тематических исследований в области медицины, образования и экологии.

УДК 004.6(082)
ББК 32.973.3я43

ISBN 978-985-543-751-3 (ч. 1)
ISBN 978-985-543-750-6

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2024

ОРГАНИЗАЦИОННЫЙ КОМИТЕТ КОНФЕРЕНЦИИ

Председатель, Богуш В.А.
Ректор Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доктор физико-математических наук, профессор

Заместитель председателя, Дик С.К.
Депутат Палаты представителей Национального собрания Республики Беларусь седьмого созыва, кандидат физико-математических наук, доцент, Республика Беларусь

ЧЛЕНЫ ОРГАНИЗАЦИОННОГО КОМИТЕТА

Батура М.П., научный руководитель НИЛ 8.1 БГУИР, доктор технических наук, профессор, академик «Международной академии наук высшей школы», заслуженный работник образования Республики Беларусь, Республика Беларусь

Болдырев А.С., директор института радиотехнических систем и управления Южного федерального университета (г. Таганрог), кандидат физико-математических наук, доцент, Российская Федерация

Давыдов М.В., первый проректор БГУИР, кандидат технических наук, доцент, Республика Беларусь

Джуманов Ж.Х., профессор Ташкенткого университета инофирмационных технологий имени Мухаммада ал-Хоразмий, доктор технических наук, профессор, Республика Узбекистан

Казак Т.В., заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики БГУИР, доктор психологических наук, профессор, Республика Беларусь

Кругликов С.В., генеральный директор Государственного научного учрежденія “Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси

Лихачевский Д.В., декан факультета компьютерного проектирования БГУИР, кандидат технических наук, доцент, Республика Беларусь

Нестеренков С.Н., декан факультета компьютерных систем и сетей БГУИР, кандидат технических наук, доцент, Республика Беларусь

Пархименко В.А., заведующий кафедрой экономики БГУИР, кандидат экономических наук, доцент, Республика Беларусь

Пискун Г.А., заместитель декана факультета компьютерного проектирования БГУИР, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР, кандидат технических наук, доцент, Республика Беларусь

Стемпицкий Р.А., проректор по учебной работе БГУИР, кандидат технических наук, доцент, Республика Беларусь

Тебуева Т.Б., заведующая кафедрой прикладной математики и компьютерной безопасности Северо-Кавказского Федерального университета, доктор физико-математических наук, доцент, Российская Федерация

Тузиков А.В., заведующий лабораторией математической кибернетики Государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси», доктор физико-математических наук, профессор, Республика Беларусь

Тусупов Д.А., заведующий кафедрой информационных систем Евразийского национального университета им. Л.Н. Гумилева, доктор физико-математических наук, профессор, Республика Казахстан

Целых А.А., ИТ-директор – заместитель директора Института компьютерных технологий и информационной безопасности по информатизации Южного федерального университета (г. Таганрог), кандидат технических наук, доцент, Российская Федерация

Шнейдеров Е.Н., проректор БГУИР, кандидат технических наук, доцент, Республика Беларусь

ОРГАНИЗАТОРЫ КОНФЕРЕНЦИИ

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Национальная академия наук Беларуси

Объединенный институт проблем информатики

Ташкентский университет информационных технологий, Узбекистан

Южный федеральный университет, Российская Федерация

Северо-Кавказский федеральный университет, Российская Федерация

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева

Технологический университет Шарифа, Иран

СПОНСОР КОНФЕРЕНЦИИ

Резидент Парка высоких технологий
WhiteSnake

Быстро растущая IT-компания, специализирующаяся на Python разработке. Опытные разработчики создают изящный и чистый код для проектов в Fintech, FA&P, AI, Blockchain, EdTech, Medicine, Cybersecurity и Retail сферах. Клиентские проекты реализуются как для мировых брендов, так и для локальных заказчиков на рынках США, Европы и России.

ОГЛАВЛЕНИЕ

С.В. Кругликов, С.Н. Касанин, А.М. Бондоловский Основные направления развития интеллектуальных технологий в оипи нан беларуси: теория и практика вопроса..... 12

С.В. Абломейко, М.С. Абломейко, А.М. Белоцерковский, В.В. Голенков, С.Н. Касанин, С.В. Кругликов, Н.С. Минько, Т.Н. Михалева Основные положения модельного закона «Об искусственном интеллекте»..... 21

С.К. Дик Искусственный интеллект в политике и идеологии..... 32

И.А. Евдокимова, И.В. Андриалович, Д.В. Лихачевский Области применения систем на основе интернет вещей..... 37

Т.В. Казак, А.В. Свороб, А.Н. Василькова Разработка аналитического подхода на основе больших данных для прогнозирования факторов успеха студентов..... 41

В.А. Вишняков, Юй Чуюэ Обработка данных в сети ИТ-диагностики болезни альцгеймера..... 46

M.Ya. Mansurova Big Data technologies in business process automation..... 51

B.A. Al-Nami Can Big Data and Advanced Analytics address problems of ethical, privacy, and equity concerns in university education?..... 55

С.С. Бекназарова Big Data and Advanced Analytics в образовании..... 67

Л.П. Пилиневич, М.В. Тумилович, А.Г. Кравцов Математическое моделирование процессов сегрегации частиц под воздействием вибрации..... 78

П.Ю. Бранцевич Цифровая обработка сигналов и данных в измерительно-вычислительных комплексах и системах вибрационного контроля и мониторинга..... 89

П.Ю. Бранцевич Цифровая обработка и сравнительный анализ электроэнцефалограмм..... 101

К.И. Давыдович, В.А. Буд-Гусаим, А.Н. Василькова Использование Big Data для оптимизации рабочего процесса в Adobe After Effects..... 113

Р.А. Голованов, А.А. Войтович, А.Н. Василькова Оптимизация взаимодействия машинного обучения и кибербезопасности для надежной цифровой защиты..... 118

Т.В. Казак, Е.Д. Ракицкий, А.Н. Василькова Использование Big Data в налогообложении..... 126

В.В. Шаталова, В.О. Тихоненко, А.Н.Василькова Применение технологий Big Data в решении проблемы климатического кризиса..... 131

Н.А. Ванецкий, Д.А. Кислова, А.Н. Василькова Веб-приложение для прогнозирования показателей здоровья с применением механизмов машинного обучения и его эргономическое обеспечение..... 138

А.Э. Видрицкий, В.Л. Ланин Моделирование механических напряжений в кристалле микроболометра при монтаже на припой..... 146

В.А. Вишняков, С. Ивэй Конфиденциальность медицинских данных в сети IoT для IT диагностики пациентов на основе технологии блокчейн..... 150

А.Ю. Яцкевич Сравнительный анализ склонности к риску студентов..... 155

D.M. Rahel Using linear weighted combinations in marketing data analysis..... 158

N.A.Naim Data analysis and processing..... 161

И.Д. Марковская, О.Н. Шкор Big Data и его роль в персонализации маркетинговых коммуникаций 164

В.Ф. Янушкевич, С.В. Калинцев, О.А. Кизина, Д.С. Сивацкий Поверхностный импеданс среды над углеводородами в режиме высокочастотного зондирования 170

Д.А. Фролова, Е.А. Гулецкая Использование больших данных для повышения лояльности к бренду 181

И.И. Фролов, Е.В. Богдан Игровой искусственный интеллект в контексте больших данных 187

И.П. Кобяк О максимальной площади под интегральной кривой распределения вероятностей ошибки при синтезе ВП 192

Э.В. Котович, О.Н. Шкор Роль инструментов Big Data и Advanced Analytics в повышении эффективности веб-сайта в сфере электронной коммерции 199

Г.Р. Ипатов, Т.Н. Дворникова Автоматизированная система управления на базе микроконтроллера STM32 210

В.С. Князькова Направления использования инструментария Big Data на рынке образовательных услуг 219

Е.П. Грабчак, Е.Л. Логинов Мониторинг работы ЕЭС России в условиях угроз воздействия электромагнитными импульсами природного и техногенного характера 223

Н.С. Игнатюк Алгоритм управления скоростью мобильной платформы 228

Е.В. Тюхай, О.Н. Шкор Эффективное использование пользовательского контента в маркетинге 236

Е.А. Бугаев Создание узловой архитектуры разработки бизнес-процессов на примере пакетной обработки данных 240

Н.В. Павлов Изучение информационного аспекта маркетинга в эпоху больших данных 247

М.Т. Мырадов, Р.Б. Хыдыров Современные тенденции в распознавания речи 254

Д.А. Фролова, Е.Ю. Герман Big Data как инструмент повышения эффективности маркетинговых мероприятий 262

Ш. Гылычтаганов, Ш.Ю. Тедженов Анализ потока данных 269

Е.Б. Карпович Диагностика цифровых компетенций будущих ИТ - специалистов 280

В.В. Синицына Технологии больших данных в обработке изображений для аномальных трихроматов и дихроматов 283

В.В. Шаталова, Т.В. Казак Использование Big Data и инструментов People Analytics в управлении человеческими ресурсами 288

Г.А. Пискун, В.Ф. Алексеев, Т.М. Воронко Генератор одностраничных веб-приложений для автоматизации создания документации Docusaurus 293

В.В. Верняховская, О.М. Раптунович Преобразующее влияние Big Data и Advanced Analytics на образовательные стратегии 301

С.А. Байчик, С.Н. Нестеренков, Ю.И. Голубович Искусственный интеллект в процессах обучения и развития персонала 304

С.Н. Барсукевич, С.Н. Нестеренков, П.С. Жуковец Смарт-контракты и их роль в обеспечении доверия в финансовых транзакциях 309

Е.И. Баяк, С.Н. Нестеренков, Д.А Жалейко Искусственный интеллект в управлении проектами для создания адаптивных стратегий 316

А.В. Кудина, Е.П. Франко, Н.И. Карасюк, Д.В. Захаренко Концепция «Big Data» в биснесе и ее роль в информационных системах 321

А.В. Кудина, Д.Л. Ясюкевич, Я.В. Кипцевич Перспективы и риски применения Big Data в современном образовании 326

А.О. Чаплинский, С.Н. Нестеренков, И.Г. Скиба Автоматизация процессов в логистике с использованием искусственного интеллекта 329

Д.И. Черемисинов, Л.Д. Черемисинова Графическое отображение логических сетей, полученных декомпиляцией описаний схем транзисторного уровня 334

А.В. Деркач, И.И. Фролов Обработка входных изображений для кластеризации и классификации продуктов 339

Ю.И. Голубович, С.Н. Нестеренков, С.А. Байчик Искусственный интеллект в управлении рисками в финансовой сфере 345

Д.В. Кишкевич, С.Н. Нестеренков, Е.А. Гриз Искусственный интеллект в принятии решений в управлении проектами 351

А.В. Ситников, М.Г. Иващенко, С.Н. Нестеренков Применение нейронных сетей для прогнозирования курсов криптовалют 357

И.Г. Скиба, С.Н. Нестеренков, Д.А. Жалейко Эффективное использование нейронных сетей в управлении персоналом для повышения производительности 363

М.Г. Иващенко, С.Н. Нестеренков, А.В. Ситников Эффективное использование нейронных сетей в решении задач автоматизации в логистике 368

Д.А. Жалейко, С.Н. Нестеренков, И.Г. Скиба Нейросети в анализе эмоционального состояния и развития персонала и его влияния на успех проектов 373

П.С. Жуковец, С.Н. Барсукевич, С.Н. Нестеренков Развитие цифровых валют и их влияние на финансовые рынки 377

В.Ю. Красовский, С.Н. Нестеренков, Е.И. Баяк Искусственный интеллект и персональные ассистенты в управлении проектами 383

А.В. Санец, Т.Ю. Шлыкова Технологии дополненной реальности в педагогической практике: проблемы, перспективы и анализ опыта применения 388

К.В. Андренко Лингводидактический потенциал больших языковых моделей в преподавании английского языка 393

N.A. Avchinnikov, M.C. Zamatay, M.S. Ilyasova, P.V. Usenko, A.M. Prudnik Hexagonal strategy in VR gaming: a chess-inspired approach 398

П.Н. Бибило, С.Н. Кардаш Реализация в FPGA разреженных матричных форм систем ДНФ булевых функций 408

А.И. Давыдов, С.О. Подгорная, М.М. Соколов Интеллектуальный анализ больших данных в энергетике тяги поездов 421

Е.А. Гриз, С.Н. Нестеренков, Д.В. Кишкевич Блокчейн и эффективность цифровых платежных систем 427

К.В. Трубицын, О.Ю. Калмыкова Возможности применения больших данных в образовательном процессе в вузе 433

И.А. Труханович, А.И. Парамонов Состояние и развитие проблемы идентификации авторства текстов в Big Data 444

И.А. Евдокимова, И.В. Андриалович, Д.В. Лихачевский Оценка методов использования ресурсов с точки зрения обработки данных 449

И.А. Евдокимова, И.В. Андриалович, Д.В. Лихачевский Трехэтапная структура объединения данных с использованием ресурсов 453

Н.И. Мустафина, М.А. Плаксин Использование анализа данных для оптимизации учебного процесса: оценка студентами интересности и полезности деловых игр 457

А.Н. Осипов, А.П. Клюев, М.П. Батура, Е.Н. Каленкович Прототип информационной системы испытательного стенда взаимодействия электромагнитного излучения с биообъектами 470

П.Н. Бибило, С.Н. Кардаш, В.И. Романов Выделение подсистем булевых функций для совместных дизъюнктивно-конъюнктивных алгебраических разложений 473

G.A. Piskun, V.F. Alekseev, T.M. Voronko Progressive web applications as means of increasing web services functionality 486

УДК 004.3 – 004.9

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОИПИ НАН БЕЛАРУСИ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ВОПРОСА

Кругликов С.В.
Генеральный директор ОИПИ НАН Беларуси, доктор военных наук, кандидат технических наук, доцент

Касанин С.Н.
Заместитель генерального директора по научной работе ОИПИ НАН Беларуси, кандидат технических наук, доцент

Бондоловский А.М.
Заместитель генерального директора по научной и инновационной работе ОИПИ НАН Беларуси, кандидат экономических наук

Аннотация. Государственное научное учреждение «Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси» (ОИПИ НАН Беларуси) является ведущим научным учреждением Беларуси в области информатики и информационных интеллектуальных технологий. Задачи института состоят в получении результатов мирового уровня в области цифровой трансформации экономики, социальной сферы и государственной деятельности, робототехники и искусственного интеллекта, использовании цифровых технологий в космических исследованиях, практическое использование цифровых технологий, направленное на создание высокотехнологичной и конкурентоспособной продукции белорусских предприятий, снижение импорта, потребления ресурсов и энергии, оптимальное использование природных ресурсов, повышение уровня медицинского обслуживания населения и здоровья нации, обеспечение надежности и достоверности цифровой информации, повышение эффективности государственного управления и социальной сферы, обеспечение безопасности и защиты от чрезвычайных ситуаций, развитие космической деятельности в Республике Беларусь. Эти задачи коррелируют с положениями стратегии «Наука и технологии 2018-2040», а именно с приоритетами «Цифровой контур интеллектуальной экономики», «Роботизация и мехатроника», «Космические системы», «Экология и рациональное природопользование», «Социокультурный контур интеллектуальной экономики» этой стратегии.

Ключевые слова. Искусственный интеллект, алгоритмы, методы, медико-биологические данные, изображения, речевая и текстовая информация, анализ данных разных типов и объёмов, распознавание образов.

Введение. За последний период в ОИПИ НАН Беларуси получен ряд крупных фундаментальных результатов в области моделирования сложных динамических систем, обработки изображений и распознавания образов (в промышленности, медицине, данных дистанционного зондирования Земли), синтеза речи по тексту, что подтверждается публикациями в научных изданиях республики, выступлениями с докладами на международных форумах за рубежом, так и результаты прикладного характера, ориентированные на использование в республике. При этом их большая часть результатов уже нашла практическое применение в виде внедренных разработок.

Основная часть. Основными направлениями научных исследований ОИПИ НАН Беларуси на 2021-2025 гг. определены следующие.

Модели, методы и алгоритмы, основанные на использовании и анализе данных разных типов и объёмов, предназначенные для решения задач распознавания образов, создания проблемно-ориентированных и экспертных систем.

Модели, методы, алгоритмы и программные средства интеллектуальной обработки, анализа и распознавания медико-биологических данных, изображений, речевой и текстовой информации и разработка на их основе информационных технологий и систем медицинского и социального назначения.

Модели и методы для систем поддержки принятия решений при планировании и управлении высокотехнологичными, роботизированными производствами и электротранспортом.

Нелинейные модели самоорганизации хаотических волновых процессов в приложениях к анализу динамики сложных систем и явлений, нейросетевых структур и цифровых сигналов

Информационная поддержка конструкторско-технологической подготовки аддитивного производства.

Робастное интеллектуальное управление в мехатронных технических и биотехнических системах.

Модели и методы оптимизации энергопотребления, площади и быстродействия заказных сверхбольших интегральных схем.

Инструментальная среда и базовые принципы проектирования и использования моделей семейства специализированных малогабаритных кластерных конфигураций с низким уровнем шума для решения ресурсоёмких задач с большим объёмом потоковых операций.

Компьютерные модели многоспектральных фотоэлектрических преобразующих устройств с оптическими концентраторами и прототипирование перспективных образцов интегрированной оптоэлектроники для информационных систем.

Модели, методы и средства цифровой безопасности технологий «умный город».

Методы, алгоритмы, архитектура и технологии цифровизации историко-культурной информации.

Поведенческие и интеллектуальные методы обнаружения атак в телекоммуникационных сетях.

Разработки ОИПИ НАН Беларуси. К числу важнейших результатов фундаментальных, ориентированных фундаментальных и прикладных исследований относятся следующие:

1 Впервые в Республике Беларусь проведен *SWOT* (*Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats*) – анализ внутренних и внешних факторов, влияющих на реализацию проекта «умный город». В качестве базового города выбран Кричев. Определены важнейшие количественные и качественные индикаторы оценки внедрения цифровых технологий и развития информационного общества в Кричеве по направлениям: государственное управление, инновационная экономика и городская инфраструктура. Технологии «умного города» позволят усовершенствовать систему управления и взаимодействия государственных органов власти с обществом, повысят эффективность работы городских служб.

2 Впервые в Республике Беларусь выполнен полногеномный анализ ассоциаций на наборе данных, состоящем из 1257 полных геномов микобактерии туберкулеза с известным статусом устойчивости к лекарственным препаратам. Разработан программный комплекс для выполнения анализа данных полногеномного секвенирования клинических изолятов микобактерии туберкулеза с целью получения индивидуального таргетного мутационного профиля, необходимого для поддержки принятия решений о назначении адекватной антимикробной химиотерапии. Особенность комплекса заключается в применении аннотации

файла мутационного профиля удаленной онлайн системой *RAST* и использовании функции *de novo* сборки исходных геномных данных сборщиком геномов *A*5.

3 Разработаны:

– алгоритм локализации узловых образований на изображениях компьютерной томографии легкого и оценки злокачественности локализованных образований с использованием методов глубинного обучения. Выполнена подготовка дополнительных данных. Для локализации узловых образований выборка включает более 750 000 образцов, из которых около 4300 являются узлами. Для оценки злокачественных образований обучающая выборка включает 383 образцов, из которых 243 являются раковыми опухолями или метастазами. Реализована двухстадийная процедура оценки наличия злокачественных образований в легких – на первом этапе выполняется отбор узловых образований, на втором этапе – разбиение на злокачественные и другие виды узловых образований – доброкачественные, кальцинаты. Из области сегментированных легких выполняется многократная выборка областей интереса к классу узловых образований, и далее – к классу злокачественных образований. Соотнесение области интереса к тому или другому классу выполняется с помощью обученных свёрточных нейронных сетей. Алгоритм локализации узловых образований позволяет улучшить локализацию узловых новообразований в лёгких за счёт формирования большого количества аннотированных данных и использования методов глубинного обучения на основе свёрточных нейронных сетей;

– метод интонирования в системах синтеза русской речи по текстам. Набор мелодических портретов позволяет осуществить результативное интонирование синтезированной речи по тексту с различным количественным составом входящих в него синтагм, обеспечивая также возможность индивидуального варьирования высоты голоса. Выбор того или иного мелодического портрета для интонирования синтезированной речи осуществляется на основе анализа синтаксических и лексических особенности предложений, из которых состоят тексты;

– методика использования ансамблей нейронных сети для идентификации объектов дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), которая включает: подготовку данных, определение признаков объектов, формирование архитектуры модели идентификации и поиск гиперпараметров модели. Предложены модели для анализа изображений ДЗЗ на основе сверточных нейронных сетей. Методика была применена при проведении эксперимента с использованием данных ДЗЗ. Оценка предложенных моделей показала, что одним из эффективных способов увеличения точности в задачах машинного обучения является формирование ансамбля разнородных моделей, обучаемых на разных наборах входных признаков. Разработан алгоритм распознавания состояния растительности на базе двух сверточных нейронных сетей (СНС) по данным аэрофотосъемки. Предложенный алгоритм позволяет снизить влияние шумовых факторов (освещение, солнечные блики) на качество получаемых карт пораженной растительности. При этом использование двух СНС позволило снизить искажение цветовых характеристик изображений окрестностей пикселей при попадании в него растительности и почвы. Тестирование распознавания производилось на аэрофотоснимках, на которых присутствуют заметные участки пораженной растительности. Полученная при тестировании точность 75-84% зависит от разрешения снимка, освещения и количества «пятен» почвы в растительной массе;

– метод оценки качества цифровых изображений на базе нелинейных функций. Метод опробован на изображениях с разными видами искажений. Выполнены анализ и классификация известных методов построения без эталонных оценок качества цифровых изображений. Отобран ряд мер, позволяющих оценить контраст и резкость цифровых изображений. Полученные результаты могут быть использованы в автоматизированных

системах оперативной оценки качества цифрового изображения, например, в системах дистанционного зондирования Земли или цифровых медицинских комплексах;

– алгоритм отслеживания объектов, наблюдаемых движущейся видеокамерой. Особенность алгоритма заключается в адаптации набора признаков объекта к фону текущего кадра. Из исходного набора признаков объекта удаляются те, которые присущи в большой мере фону. Оставляются признаки в большей мере характерные объекту и в то же время наименее характерные для фона текущего кадра. Признаки вычисляются путем кластеризации 3*D*-векторов цвета пикселов кадров быстрой версией известного алгоритма *k*-средних или разбиением цветового пространства на 3*D*-параллелепипеды. Еще одна особенность алгоритма заключается в его вычислительной простоте, что делает возможным его использование на небольших мобильных вычислителях, например, на *Jetson TXT*1 или *TXT*2. Алгоритм может использоваться для реализации технологии сопровождения объектов, наблюдаемых бортовой видеокамерой летательного аппарата;

– метод генерации статистического атласа новообразований в легких различных типов с использованием набора данных размеченных рентгенологических изображений с помеченными вручную новообразованиями, ассоциированными с туберкулезом легких. Использование данного метода позволит получать статистические атласы распределения новообразований для разных когорт пациентов, больных туберкулезом легких либо другими заболеваниями, связанными с поражениями легких. Полученные данные могут быть использованы для выявления особенностей протекания заболеваний при их различных характеристиках;

– метод приоритизации генов на основе совместного использования биологических сетей межгенных связей и информации о генных мутациях, базирующийся на использовании оптимизационного алгоритма случайного блуждания для оценки критериев важности генов. Предложенный метод позволяет повысить эффективность ранжирования генов, связанных с заболеванием, повысить эффективность выделения и приоритизации генов с низкой частотой мутаций, которые одновременно являются драйверами сложных заболеваний и не могут быть распознаны с использованием традиционных статистических подходов;

– лабораторная технология для оценки комплекса параметров речевой интонации, включающая комплекс программных средств анализа параметров мелодии и темпа многоязычной речи и обеспечивающая визуальное отображение фразовых контуров частоты основного тона и количественную оценку правильности интонирования нормальной и патологической речи;

– математическая модель и алгоритмы решения задач оптимизации зарядной инфраструктуры парка электробусов с их подзарядкой в ночное время в единственном депо стациями медленной и быстрой зарядки на конечных остановках маршрутов, с учетом таких параметров как длительность зарядки парка электробусов в депо и на конечных остановках, расписание их зарядки в часы пик на конечных остановках и в депо в ночное время, количество станций зарядки для депо и количество конечных остановок;

– цифровой двойник сферического мобильного робота с уникальным способом создания вращающего момента, который заключается в смещении центра масс робота относительно геометрического центра его сферической оболочки;

– методы обработки изображений листвы сельскохозяйственных культур для использования в управлении пропашным культиватором в автоматическом режиме;

– программный комплекс прогнозного мониторинга и поддержки принятия решений по снижению ущерба вследствие болезней картофеля с использованием разновременных спутниковых данных и наземной информации.

В ОИПИ НАН Беларуси созданы научно-методические и программно-технические предпосылки разработки и внедрения в народно-хозяйственном комплексе страны

прорывных информационных технологий проектирования, моделирования и оптимизации конкурентно способных объектов новой техники, устройств и систем.

1 Суперкомпьютер «СКИФ-ГЕО-ЦОД-РБ» и офисный суперкомпьютер «СКИФ-ГЕО-ОФИС-РБ», прикладное программное обеспечение «СКИФ-НЕДРА» и

опытный образец аппаратно-программного комплекса (АПК) для повышения эффективности поиска, разведки и разработки месторождений полезных ископаемых. Кластер «СКИФ-ГЕО-ЦОД-РБ» занял в сентябре 2018 г. 37 место в рейтинге вычислительных систем СНГ. АПК передан для эксплуатации в НПЦ по геологии.

2 Первая в СНГ республиканская автоматизированная информационной система «Электронный рецепт», обеспечивающая регистрацию ресурсов и обмен информацией о выписанных электронных рецептах между медицинскими и фармацевтическими информационными системами, а также информационными системами других участников информационного обмена. К информационной системе «Электронный рецепт» подключены 582 учреждения здравоохранения, 8 государственных и 62 коммерческих аптечных сетей. Суточное количество транзакций в этой системе составляет около 12,7 млн. операций (около 170 в секунду). Всего с использованием системы «Электронный рецепт» выписано более 20 миллионов электронных рецептов.

3 Потенциальные ингибиторы проникновения вируса иммунодефицита человека (ВИЧ-1) – пептидомиметики клеточного рецептора *CD*4 и нейтрализующих антител широкого спектра действия, обнаруженные с помощью методов компьютерного скрининга и молекулярного моделирования. На основе полученных данных показано, что идентифицированные соединения формируют перспективные базовые структуры для создания новых, эффективных и безопасных анти-ВИЧ препаратов, блокирующих ранние стадии жизненного цикла вируса.

4 Специализированное программное обеспечение (СПО) подвижного навигационно-топографического комплекса (ПНТК), разработанное специалистами ОИПИ НАН Беларуси, предназначено для решения задач по топогеодезическому и навигационному обеспечению боевых действий войск на оперативно-тактическом и тактическом уровнях. Поставляемое в составе ПНТК СПО обеспечивает решение следующих функциональных задач: мониторинг местности с использованием беспилотного летательного аппарата (БПЛА), комплексный анализ геопространственной информации, ее систематизация и подготовка предложений по ее применению, сбор, анализ и обработка полученной информации в интересах выявления изменений местности, оперативное исправление цифровой информации о местности по материалам съемки, полученной с БПЛА, определение координат наблюдаемых стационарных и движущихся объектов в реальном масштабе времени, формирование пространственных моделей местности, в том числе 3*D*-моделей и их визуализация на экране коллективного пользования, формирование баз данных геопространственной информации.

5 Специализированное программное обеспечение подвижного навигационно-геодезического комплекса (СПО ПНГК), разработанное специалистами ОИПИ НАН Беларуси, предназначено для решения следующих функциональных задач: ведение топографической разведки местности с использованием оптико-электронных средств и интегрированного навигационно-информационного комплекса; определение собственного местоположения ПНГК по данным интегрированной навигационной аппаратуры с автоматическим отображением его на электронной карте (ЭК) местности; создание по результатам топографической разведки средств топогеодезической информации; решение расчетных и информационных задач по ЭК с использованием геоинформационной системы; формирование и ведение (хранение, обновление) банка данных цифровой информации о местности; тиражирование (на бумаге, магнитных,

электронных и оптических носителях информации) текстовых и графических цифровых документов о местности.

Разработанные средства обеспечивают повышения оперативности топогеодезической разведки местности, доведение данных разведки до войск и воинских формирований, реализованы на современных методах цифровой обработки изображений и геоинформационных технологиях.

6 Исследованы и программно реализованы на *Python* и *C++* новые нейросетевые алгоритмы *Yolov*4, *Yolov*5, *Yolov*7 обнаружения объектов на видеопоследовательностях с использованием различных технологий *ONNX* (*CPU*) и *PyTorch*, *TensorFlow*, *TensorRT* (*CUDA*), позволяющих применять алгоритм на различных вычислителях с максимальным быстродействием. Выполнено обучение указанных алгоритмов на различных обучающих выборках. Проведен сравнительный анализ надежности, быстродействия программных реализаций на стандартных наборах видеоданных и видео, отснятых с беспилотных летательных аппаратов.

Планируется модифицировать новые нейросетевые алгоритмы и использовать их модификации для построения алгоритмов обнаружения и сопровождения объектов интереса, в том числе наблюдаемых бортовыми видеокамерами беспилотных летательных аппаратов, в режиме близком к режиму реального времени.

Разработанные алгоритмы позволяют выполнять обнаружение объектов в режиме близком к режиму реального времени на вычислителях (одноплатных компьютерах) небольшого размера (например, *Khadas VIM*3 *Pro*, *NVIDIA Jetson TX*2), которые могут быть установлены на борт беспилотного летательного аппарата и не требуют больших энерго затрат.

Программные реализации алгоритмов обнаружения и сопровождения объектов интереса, в том числе наблюдаемых бортовыми видеокамерами беспилотных летательных аппаратов востребованы в настоящее время для мониторинга безопасности движения и контроля его интенсивности, а также при решении ряда задач в военной области.

7 Разработана генеративная модель нейронной сети на основе элементов долгой краткосрочной памяти (*LSTM*), позволяющая получать *SMILES*-описания химических соединений с заданной энергией связывания с белком *gp*120 оболочки ВИЧ-1. С помощью разработанной модели сгенерирован набор молекул, для которых методом молекулярного докинга построены структурные комплексы с терапевтической мишенью. Большая часть сгенерированных соединений (76%) имеет энергию связывания с мишенью ниже пороговой, что говорит об успешном обучении нейронной сети.

8 Создана платформа искусственного интеллекта – это веб-приложение для специалистов в сфере искусственного интеллекта и всех, кто интересуется этой сферой. Платформа содержит:

– информацию о научных (научно-технических, научно-практических) мероприятиях, проводимых по проблемам искусственного интеллекта и интеллектуальных технологий;

– команды теоретиков, разработчиков и практиков в области искусственного интеллекта и интеллектуальных технологий.

Цель проекта – собрать на Едином портале под эгидой НАН Беларуси отечественные и зарубежные компании, команды и индивидуальных разработчиков, и практиков в области искусственного интеллекта, выстроить общую политику их работы в этой предметной области. Ссылка: https://belai.by/

9 Разработан голосовой *AI*-ассистент – платформа с вопросно-ответными системами, с которыми можно поговорить голосом и текстом. *AI*-ассистентом можно воспользоваться в *Web*-пространстве, *Telegram-Bot*, мобильных приложениях для *iOS* и *Android* платформ.

Цель разработки – обеспечить эффективный и простой в использовании механизм представления общей информации и решения вопросов пользователей.

Вопросно-ответная система позволяет пользователю голосом задать вопрос и получить на него звуковой ответ. За счет использования искусственного интеллекта она дает возможность получать быстрые, качественные и точные ответы на различные вопросы. В результате ежедневного обучения голосовой ассистент может как ответить вам на запросы о науке, так и сделать забавные предложения.

Прикладные исследования ОИПИ НАН Беларуси на 2021-2025 гг. в различных областях.

Электронное здравоохранение. Разработка основных подсистем Центральной информационной системы здравоохранения Республики Беларусь.

Развитие медицинских информационных систем «Клиника», «Веб-поликлиника», обеспечивающих комплексную информатизацию медицинских учреждений, а также телемедицинских систем, разработанных специалистами ОИПИ НАН Беларуси, интеллектуальными инструментами поддержки диагностики на основе применения технологий искусственного интеллекта.

Разработка технологий цифровой трансформации сферы здравоохранения Республики Беларусь на основе внедрения интеллектуальных методов и систем анализа биомедицинской информации.

Разработка и освоение программного обеспечения методики анализа потребности медицинских учреждений в трансфузионных веществах.

Разработка и внедрение модели прогноза рецидивов костных сарком с учетом экспрессии молекулярных маркеров в опухолевой ткани и интеллектуальной информационной системы прогнозирования рисков развития рецидивов.

Разработка и внедрение системы поддержки принятия решений для определения тактики трансфузиологической помощи на базе стандарта *FHIR v*.3 обмена медицинскими данными.

Оказание наукоемких услуг по эксплуатации, сопровождению и технической поддержке республиканской автоматизированной информационной системы «Электронный рецепт».

Государственная система научно-технической информации.

Разработка и реализация интегрированной системы, обеспечивающей сбор и управление информацией о событиях сетевой безопасности пользователей, а также федеративный доступ к сервисам и ресурсам академсети *BASNET* и научно-образовательной сети *GEANT*.

Разработка автоматизированной системы информационного обеспечения инновационной деятельности и трансфера технологий в НАН Беларуси на новой программно-информационной платформе.

Разработка комплекса информационно-технологических систем для автоматизации научных и научно-технических библиотек на основе облачных *Web*- технологий.

Разработка и введение в эксплуатацию программного комплекса многопоточной обработки научной информации для сервисного обслуживания пользователей Белорусской сельскохозяйственной библиотеки.

Разработка программного комплекса инфометрической диагностики потока публикаций для обслуживания пользователей БелСХБ.

Технологии обработки космических данных.

Создать программный комплекс сбора, хранения и обработки данных ДЗЗ на базе технологии «куба данных» (*data cube*), обеспечивающий удаленный доступ к актуальным многоспутниковым данным ДЗЗ на Республику Беларусь, их оперативную централизованную обработку и анализ для решения научно-технических и образовательных задач (ПК «*BYCube*»).

Разработать программный комплекс прогнозного мониторинга и поддержки принятия решений по снижению ущерба вследствие болезней картофеля с использованием разновременных спутниковых данных и наземной информации.

Разработать технологию и программные средства мониторинга выбросов парниковых газов с торфяных месторождений Беларуси, используемых для промышленной добычи торфа, с применением данных дистанционного зондирования Земли

Развитие производства и услуг. В ОИПИ НАН Беларуси продолжат работу производственные участки по разработке программного обеспечения и предоставлению вычислительных ресурсов и интернет-услуг:

– производственный участок разработки информационных систем для здравоохранения на базе лабораторий информационно-аналитических систем, биоинформатики, анализа биомедицинских изображений;

– разработка и внедрение картографических информационных систем и ГИС на базе лаборатории картографических систем и технологий;

– производственный участок – предоставление телекоммуникационных услуг академсети *BASNET*;

– производственный участок – предоставление вычислительных ресурсов, разработка программного обеспечения и суперкомпьютеров, реализован на базе Республиканского суперкомпьютерного центра коллективного пользования, лабораторий высокопроизводительных систем, синтеза технических систем и робототехнических систем);

– производственный участок сборки наноспутников в Национальной академии наук Беларуси (разрабатывается совместно с НИРУП Геоинформационные системы в 2021г).

ОИПИ НАН Беларуси является «Офисом цифровизации НАН Беларуси», здесь также созданы и успешно работают два кластера:

– Межведомственный исследовательский центр искусственного интеллекта;

– Научно-технический центр цифровых технологий.

Основными стратегическими направлениями и перспективами их развития в ОИПИ НАН Беларуси определены:

1 Машинное обучение, нейронные сети и искусственный интеллект.

2 Высокопроизводительные и облачные вычисления.

3 Биоинформатика.

4 Интернет вещей, роботика и 3D печать. Создание цифровых двойников реальных процессов.

5 Управление дронами, автономными транспортными средствами и электротранспортом.

6 Цифровой мониторинг людей, объектов и территорий с целью определения их состояния и обеспечения безопасности, включая дистанционное зондирование Земли из космоса.

7 Защита информации с помощью машинного обучения.

Авторский вклад

Авторы внести равноценный вклад.

MAIN DIRECTIONS OF DEVELOPMENT OF INTELLECTUAL TECHNOLOGIES IN UIIP NANS: THEORY AND PRACTICE OF THE ISSUE

S.V.Kruglikov
General director of UIIP NASB, DSc in military sciences, PhD in engineering, Associate Professor

S.N.Kasanin
Deputy general director of UIIP NASB, PhD in engineering, Associate Professor

A.M.Bondolovsky
Deputy general director of UIIP NASB, PhD in economy

Annotation. The State Scientific Institution «United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus» (UIPI NASB) is the leading scientific institution of Belarus in the field of computer sciences and information intelligent technologies. The objectives of the Institute are to obtain world-class results in the field of digital transformation of the economy, social sphere and government activities, robotics and artificial intelligence, the use of digital technologies in Space research, the practical use of digital technologies aimed at creating high-tech and competitive products of Belarusian enterprises, reducing imports, reducing the consumption of resources and energy, optimal use of natural resources, increasing the level of medical care for the population and the health of the nation, ensuring the reliability of digital information , increasing the efficiency of public administration and social sphere, ensuring security and protection from emergency situations, developing Space activities in the Republic of Belarus. These tasks correlate with the provisions of the strategy «Science and Technology 2018-2040», namely with the priorities «Digital circuit of the intelligent economy», «Robotics and mechatronics», «Space systems», «Ecology and rational use of natural resources», «Sociocultural circuit of the intellectual economy».

Keywords. Artificial intelligence, algorithms, methods, medical and biological data, images, speech and text information, analysis of data of various types and volumes, pattern recognition.

УДК 34:001.83(100);
340.11:330.341.1; 004.8

ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ МОДЕЛЬНОГО ЗАКОНА «ОБ ИСКУССТВЕННОМ ИНТЕЛЛЕКТЕ»

Абломейко С.В.

Академик Национальной академии Наук Беларуси, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ОИПИ НАН Беларуси

Абломейко М.С.

Доцент кафедры конституционного права БГУ, кандидат юридических наук, доцент

Белоцерковский А.М.

Государственное научное учреждение «Объединённый институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси»

Голенков В.В.

Профессор кафедры интеллектуальных информационных технологий БГУИР, доктор технических наук, профессор

Касанин С.Н.

Заместитель генерального директора по научной работе ОИПИ НАН Беларуси, кандидат технических наук, доцент

Кругликов С.В.

Генеральный директор ОИПИ НАН Беларуси, доктор военных наук, кандидат технических наук, доцент

Минько Н.С.

Руководитель центра государственного строительства и права Государственного научного учреждения «Институт экономики НАН Беларуси», кандидат юридических наук, доцент

Михалева Т.Н.

Доцент кафедры евразийских исследований БГУ, ведущий научный сотрудник НЦЗПИ, кандидат юридических наук, доцент

Аннотация. С 2021 в рамках СНГ ведутся исследования по созданию единого подхода к регулированию разработок, внедрения и использования технологий искусственного интеллекта, это закреплено в Межгосударственной программе инновационного сотрудничества государств-участников СНГ на период до 2030 года. Во всех государствах-участниках вопросы Искусственного интеллекта отражены в различных актах, однако, как показывает анализ до настоящего времени систематизации по этому вопросу не проводилось. Исходя из этого в Содружестве возникла насущная необходимость заложить единые подходы к дефинициям в сфере Искусственного интеллекта, принципам его использования, а также

предложить общие модельные правила для использования в нормотворческой деятельности государств-членов, что будет способствовать созданию гармонизированного пространства технологичной среды как неотъемлемой части инновационного экономического развития всех государств-членов СНГ. С этой целью и была инициирована разработка проекта модельного закона «Об искусственном интеллекте» и 24 апреля 2023 года Секретариат Совета Межпарламентской Ассамблеи государств – участников Содружества Независимых Государств и Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси», заключили договор по проведению работ в данном направлении.

Ключевые слова. Искусственный интеллект, модельный закон, правовое регулирование, правовой режим систем искусственного интеллекта, Содружества Независимых государств

Введение. Использование систем искусственного интеллекта (далее – ИИ) влияет на инфраструктуру политических, экономических, социальных и иных отношений: ее наполнение и вектор развития. ИИ выступает важнейшим элементом Четвертой промышленной революции. Всеобъемлющая информатизация экономики и общества обеспечит формирование качественно нового технологического уклада, увеличение спроса на наукоемкую продукцию, привлечение инвестиций и интеграцию национальных инновационных систем государств – участников Содружества Независимых государств (далее – Содружество, СНГ).

В области ИИ настоятельным требованием времени является разработка и принятие программного документа, задающего основные векторы политики в данной области, а также определяющего концептуальные направления развития правового регулирования, безусловным приоритетом которого должна стать защита прав человека и его основных свобод перед лицом технологического прогресса.

Правовое регулирование в сфере ИИ должно быть направлено на определение основных подходов к правовому регулированию создания и применения технологий ИИ в различных сферах экономики и социальной жизни при условии соблюдения прав граждан и обеспечения безопасности.

Исследователи отмечают ряд сущностных аспектов, обусловленных внедрением ИИ, а также то, что остается не решенным целый ряд вопросов [1].

Во-первых, речь о собственности в отношении больших данных, их конфиденциальности и защите. Высказано дискуссионное предложение о защите работы ИИ в формате служебного произведения, если такая работа будет опубликована под именем работодателя.

Во-вторых, серьезная озабоченность высказана в части антимонопольного законодательства. С учетом того, что регулирование данного вопроса отсутствует, государственные органы будут следить за отраслями, основанными на данных, на предмет нечестной торговли и конкуренции, а правительство объявило, что оно будет раскрывать публичные данные и представлять средства для доступа и использованная данных, содержащих частную информацию, принадлежащую государственным органам.

В-третьих, проблема управления данными, обеспечивающего их высокое качество на протяжении жизненного цикла, с которым связано предложение о совершенствовании системы управления данными национальной статистики (независимость национального статистического управления, реинжиниринг бизнес-процессов, создание основы и системы использования частных данных в национальной статистике, сбор и объединение административных документов, находящихся в ведении правительства и органов местного самоуправления, создание автономной системы обеспечения качества для частных данных, чтобы обеспечить стандартизацию и достоверность, эффективная защита данных и их конфиденциальности).

В-четвертых, вопросы государственного вмешательства и охрана личной информации. В данном направлении отмечается следующее: анонимные данные не должны интерпретироваться как личные данные, устанавливаются сложные правила для

комбинации псевдонимных данных, принадлежащих двум различным контролерам персональных данных (данное действие может выполняться только профессиональными агентствами), разрешается обработка псевдонимных данных для целей статистики, научных исследований или учета интересов общественности с освобождением от основных обязательств, применимых к типичным персональным данным (т.е. без согласия пользователя).

В-пятых, вопросы гражданско-правовой ответственности: компенсации ущерба или убытков, причиненных ИИ. В гражданском праве урегулированы различные механизмы возложения ответственности за причиненный вред, однако они не применимы к ИИ, поскольку ИИ не является человеком. Сделан вывод о недостаточности общепринятых принципов гражданской ответственности систем ИИ и необходимости разработки специальных новых принципов.

В-шестых, проблемы уголовной ответственности ИИ. В законодательстве уже предусмотрена уголовная ответственность юридических лиц. Соответственно, поднимается вопрос об ответственности ИИ за совершение преступного деяния. Разумеется, лицо, которое использует ИИ в качестве способа совершения преступления, будет нести уголовную ответственность. Однако могут ли программист или пользователь нести ответственность за автономное преступное поведение ИИ? Ответ на этот и другие вопросы возможен только в случае совершенствования уголовного законодательства.

В-седьмых, вопросы нейтральности и непредвзятости ИИ. Исследователи высказывают опасения, что ИИ может стать дискриминационным и несправедливым, если машинное обучение будет осуществляться с использованием предвзятой базы данных. Требования об отсутствии социальной предвзятости – один из элементов этической составляющей ИИ.

В-восьмых, использование ИИ в деле защиты национальной безопасности.

Основная часть. *Целью* подготовки модельного закона «Об искусственном интеллекте» является содействие формированию единых подходов к системе правового регулирования общественных отношений, возникающих в связи с использованием технологий ИИ, которая ориентирована на человека и направлена на улучшение качества жизни населения, заслуживает доверия, при обеспечении высокого уровня безопасности функционирования, а также обеспечивает повышение эффективности экономики и социальной сферы за счет стимулирования разработки, внедрения и использования ИИ.

Основными задачами модельного закона «Об искусственном интеллекте» могут выступить:

1 создание благоприятных правовых и организационных условий для развития технологий ИИ, а также содействие инвестициям в исследования и разработки для стимулирования инноваций в области надежного ИИ;

2 формирование и развитие единого рынка безопасных и заслуживающих доверия систем ИИ;

3 содействие развитию доступных экосистем ИИ с цифровой инфраструктурой, современными технологиями и механизмами для обмена данными и знаниями;

4 осуществление трансграничного и межсекторального сотрудничества на пространстве СНГ в целях достижения прогресса ИИ;

5 повышение доступности и качества данных, необходимых для развития технологий ИИ;

6 повышение цифровой грамотности и информормированности населения;

7 обеспечение рынка технологий ИИ квалифицированными кадрами;

8 обеспечение справедливого и оптимального баланса интересов между всеми участниками общественных отношений в области ИИ, который сочетает механизмы государственного регулирования и саморегулирования и основан на оценке рисков,

которые создают значительную опасность для здоровья и безопасности или основных прав человека;

9 гарантирование безопасности использования и размещения систем ИИ, их соответствие принятым нормам и правилам, соблюдение прав человека;

10 создание гибких механизмов, позволяющих динамически адаптировать правовую основу по мере развития технологий и возникновения новых правоотношений, включая установление экспериментальных и/или специальных правовых режимов, в том числе «регуляторных песочниц».

ИИ – это свойство интеллектуальных систем выполнять творческие функции, которые традиционно считаются прерогативой человека; кроме того, это наука и технология создания интеллектуальных машин, особенно интеллектуальных компьютерных программ, способных самообучаться. В свою очередь, интеллектуальная система – это техническая или программная система, способная решать задачи, традиционно считающиеся творческими, принадлежащие конкретной предметной области, знания о которой хранятся в памяти такой системы. Структура интеллектуальной системы включает три основных блока – базу знаний, механизм вывода (принятия) решений и интеллектуальный интерфейс.

В технологиях принятия решений интеллектуальная система – это информационно-вычислительная система с интеллектуальной поддержкой, решающая задачи без участия человека – лица, принимающего решение (далее – ЛПР), в отличие от интеллектуализированной системы, в которой оператор присутствует.

К предмету правового регулирования будет относиться не просто условная компьютерная программа (технология), производство и применение которой может регулироваться действующим законодательством, а программа, которая может самообучаться, и в этом процессе не участвует человек (ЛПР):

– ИИ – это комплекс технологических решений в виде сложной кибернетической системы;
– система может имитировать когнитивные свойства человека;
– система способна самообучаться;
– система может действовать автономно.

Кроме того, следует обратить внимание на то, что необходимо рассматривать вопросы не только создания или применения, но и производства систем с ИИ, поскольку на стадии их выпуска также могут быть заложены неверные алгоритмы действий.

Предмет правового регулирования – совокупность общественных отношений, на которые направлено воздействие правовых средств и методов. В сферу правового регулирования должны входить все те отношения, которые уже урегулированы правом – они составляют собственно предмет, а также те, которые только нуждаются в таком регулировании. В целом правовое регулирование в сфере ИИ должно быть направлено на:

1 создание основ правового регулирования новых общественных отношений, складывающихся в связи с разработкой и применением технологий ИИ и систем на их основе, имеющих стимулирующий характер и способствующих их развитию и применению;

2 определение основных подходов к правовому регулированию создания и применения технологий ИИ в различных сферах экономики и социальной жизни при условии соблюдения конституционных прав граждан и обеспечения высокого уровня защиты общественных интересов и безопасности функционирования;

3 определение правовых барьеров, затрудняющих и препятствующих разработке и применению систем ИИ в различных отраслях экономики и социальной сферы;

4 определение рисков применения систем ИИ и формирование системы стандартизации и сертификации систем ИИ.

Важнейшим для подготовки концепции модельного законодательного акта в области ИИ является то, что к предмету правового регулирования относится не просто условная компьютерная программа (технология), производство и применение которой может регулироваться действующим законодательством, а программа, которая может самообучаться, и в этом процессе не участвует человек/лицо, принимающее решение (далее – ЛПР): ИИ – это комплекс технологических решений в виде сложной кибернетической системы; система может имитировать когнитивные свойства человека; система способна самообучаться; система может действовать автономно.

Кроме того, следует обратить внимание на то, что необходимо рассматривать вопросы не только создания или применения, но и производства систем с ИИ, поскольку на стадии их выпуска также могут быть заложены неверные алгоритмы действий. Круг общественных отношений, составляющих предмет правового регулирования многообразен, поскольку включает в себя различные виды деятельности, широкий перечень субъектов, обусловлен оценкой степени рисков и нуждается в развернутом обосновании. Наиболее общей является концепция, сформулированная Н. Петитом, которая предполагает формальный и технологический подходы при определении предмета правового регулирования. Согласно первому, следует исходить из общих особенностей правовой системы и ее институтов, обеспечивая последовательную трансформацию правовых норм, составляющих институты юридической ответственности, конфиденциальности, кибербезопасности, которые могут быть применены к любому ИИ. Второй подход – технологический, он строится на решении отдельных отраслевых вопросов, возникающих применительно к каждой категории ИИ в разных сферах [2].

Внедрение и использование ИИ может осуществляться применительно к широкому перечню видов экономической деятельности, при этом последствия развертывания систем искусственного интеллекта значительно различаются от одного сектора к другому и требуют учета ряда особенностей, в том числе:

1 Масштаб развертывания технологических продуктов с ИИ, который как правило определяется количеством лиц, на которых воздействует или будет влиять система: пилотный проект, узкое развертывание (например, на уровне одной компании или одной страны), широкое развертывание (например, на уровне одного сектора), широкое распространение – на уровне нескольких стран или секторов.

2 Степень зрелости используемой системы ИИ. Уровни готовности технологий (*TRL*, *Technology readiness level*) могут использоваться для классификации искусственного интеллекта. Так, самый низкий уровень технологической готовности предполагает перевод исследований в прикладные НИОКР, формализуется такой результат, как правило, в виде научной статьи о принципах новой технологии. Второй уровень отличается тем, что сформулирована технологическая концепция и / или приложение на основе предположений, которые еще не доказаны и не проанализированы, которые могут быть оформлены в виде публикации или справочника, освещающего особенности новой технологии. Третий уровень включает аналитические и лабораторные исследования для эмпирической проверки гипотез, который может быть выражен в виде системы показателей, полученных в лаборатории. На четвертом уровне основные технологические компоненты интегрированы (например, интеграция «специального» программного или аппаратного обеспечения в лаборатории). На пятом уровне обеспечиваются базовые требования безопасности, а основные технологические компоненты интегрированы со вспомогательными элементами, которые можно протестировать в смоделированной среде. Шестой уровень – репрезентативная модель или прототип системы, седьмой включает тестирование прототипа на операционных платформах для тестирования (например, в реальных полевых условиях). На восьмом уровне доказано, что технология работает в ее окончательной форме и при ожидаемых условиях. В большинстве случаев этот уровень

представляет собой завершение разработки системы. Наконец, девятый уровень предполагает фактическое применение технологических решений в реальных условиях. Для дальнейшего улучшения системы критически важны строгие процессы мониторинга и обновления.

3 Степень выбора, которую имеют пользователи в отношении того, будут ли они подвергаться воздействию системы ИИ автоматически или нет. Так, например, существуют системы ИИ, которые предполагают либо не предполагают возможность пользователей отказаться от вывода системы ИИ; также существуют системы, в которых пользователи могут отменять или корректировать вывод системы ИИ.

4 Характеристики пользователей системы ИИ, которые могут определяться различными профессиональными навыками и квалификацией экспертов ИИ. Например, системы искусственного интеллекта, развернутые в таких секторах, как здравоохранение или сельское хозяйство, часто используются практиками или экспертами в предметной области, которые обычно не являются экспертами в области искусственного интеллекта. Поэтому в общем можно выделить пользователей, которые не проходили специального обучения; обученных практиков, не являющихся экспертами в области искусственного интеллекта: пользователей, прошедших специальную подготовку по использованию данной системы ИИ; эксперт-практиков по ИИ, то есть пользователей со специальной подготовкой и знаниями в области ИИ (эксперт по ИИ или системный разработчик). К этой группе также примыкают характеристики иных заинтересованных сторон, чьи интересы затрагиваются при внедрении и эксплуатации ИИ, например, потребители, рабочие / служащие, бизнес, государственные агентства / регулирующие органы, дети или другие уязвимые либо маргинализированные группы.

5 Бизнес-модель, в рамках которой осуществляется использование ИИ: использование в коммерческих целях – модель абонентской платы, использование в коммерческих целях – рекламная модель, использование в коммерческих целях, а также некоммерческое использование или использование в режиме публичной услуги.

6 Функции системы ИИ и ее использование в критическом секторе или инфраструктуре. Так, система ИИ может выполнять важную функцию независимо от сектора, например, проведение выборов, поддержание цепочек поставок, обеспечение правопорядка, оказание медицинской помощи, поддержка финансовой системы. Кроме того, система ИИ может быть использована в критическом секторе или инфраструктуре (например, в энергетике, транспорте, водоснабжении, здравоохранении, цифровой инфраструктуре и финансах), что значительно повышает риски и объем регуляторного бремени [3].

Таким образом, под общественными отношениями в области ИИ мы понимаем отношения, возникающие на всех этапах жизненного цикла системы искусственного интеллекта: исследования, проектирование, разработку, выпуск на рынок и использование, включая обслуживание, эксплуатацию, торговлю, финансирование, мониторинг и оценку, проверку, а также действия необходимые к выполнению после окончания срока службы. Субъектами в области ИИ могут быть определены любые субъекты, участвующие хотя бы в одном этапе жизненного цикла системы ИИ, и могут относиться как к физическим, так и к юридическим лицам, в том числе исследователи, программисты, инженеры, специалисты по обработке данных, конечные пользователи, коммерческие структуры, предприятия, учреждения образования, иные государственные и частные организации и др.

Вопрос о сознательно-волевом характере отношений в области ИИ уже не раз становился предметом дискуссии, в особенности применительно к отношениям *machine-to-machine* (*M2M*), а возможность их действия как моральных агентов детально рассматривается в рамках акторно-сетевой теории, этики ИИ и других областей научного

знания. Тем не менее, с учетом уровня науки и техники однозначно ответить на вопрос о субъектности ИИ нельзя, однако с уверенностью можно утверждать, что отношения по моделям взаимодействия *human-to-machine* (H2M), *human-to-human* (H2H), возникающие при исследованиях, проектировании, разработке, выпуску на рынок и использовании, будут также включены в искомый предмет правового регулирования.

Наконец, последний признак общественных отношений, выступающих в качестве предмета правового регулирования, состоит в доступности для внешнего контроля, что также является проблемным в области ИИ, поскольку последний может функционировать по принципу «черного ящика», что в ряде случаев исключает объяснимость используемых им моделей рассуждения, следовательно, и внешний контроль. Это означает, что принципы и действия, заложенные в них, не в полной мере поддаются пониманию и контролю даже со стороны специалистов. В то же время, несмотря на неопределенность в процессе их использования, подобные алгоритмы уже очень прочно вошли в жизнь человека и применяются в различных сферах: при трудоустройстве, страховании, медицинском обслуживании, а также при оказании ряда иных услуг.

Предлагаемая к обсуждению структура модельного закона «Об искусственном интеллекте»: преамбула, главы и статьи. В преамбуле содержится отсылка к действующим актам СНГ в сфере ИИ и инновационного развития, представлено обоснование важности и перспективы развития общего потенциала ИИ систем в СНГ, обозначена приоритетность национального регулирования при высокой степени согласованности подходов к развитию и безопасности ИИ, гармонизации понятий, принципов, пределов правового регулирования на уровне Содружества.

ГЛАВА 1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.

Статья 1. Основные термины, используемые в настоящем Законе, и их определения.

Статья 2. Законодательство в области искусственного интеллекта.

Статья 3. Предмет регулирования настоящего Закона.

Статья 4. Сфера действия настоящего Закона.

Статья 5. Субъекты отношений в сфере искусственного интеллекта.

Статья 6. Объекты отношений в сфере искусственного интеллекта.

ГЛАВА 2. ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ В СФЕРЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.

Статья 7. Цели и задачи государственной политики в сфере искусственного интеллекта.

Статья 8. Государственное регулирование в сфере искусственного интеллекта.

Статья 9. Государственные меры по поддержке научной, научно-технической и инновационной деятельности в сфере искусственного интеллекта.

Статья 10. Координационный совет в сфере искусственного интеллекта. Компетенция уполномоченного государственного органа в сфере искусственного интеллекта.

Статья 11. Возможность и порядок установления экспериментального правового режима, его основные элементы.

Статья 12. Нормативное регулирование в предметных областях искусственного интеллекта.

ГЛАВА 3. ПРИНЦИПЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ОТНОШЕНИЙ В СФЕРЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.

Статья 14. Принципы правового регулирования отношений в сфере искусственного интеллекта.

Статья 15. Общие принципы правового регулирования технологий искусственного интеллекта.

Статья 16. Принцип антропоцентричности технологий искусственного интеллекта.

Статья 17. Принцип технической надежности и безопасности.

Статья 18. Принцип устойчивости технологий искусственного интеллекта.

Статья 19. Принцип предосторожности (предусмотрительности) в сфере технологий искусственного интеллекта.

Статья 20. Принцип абсолютной ответственности

Статья 21. Принцип солидарной ответственности

Статья 22. Принцип обязательного страхования в сфере технологий искусственного интеллекта

Статья 23. Принцип стратегического внедрения технологий искусственного интеллекта

Статья 24. Принцип транспарентности функционирования технологий искусственного интеллекта

Статья 25. Принцип научности и обоснованности внедрения технологий искусственного интеллекта

Статья 26. Принцип обязательного контроля эффективности применения технологий искусственного интеллекта (оценка воздействия влияния технологий на жизнь и здоровье человека, общества, окружающую среду)

Статья 27. Принцип защиты персональных данных

Статья 28. Специальные принципы разработки систем искусственного интеллекта, обладающих различной степенью риска

Статья 29. Оценка воздействия технологий и систем искусственного интеллекта на все сферы жизни человека.

ГЛАВА 4. ПРАВОВОЙ РЕЖИМ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Статья 30. Виды систем искусственного интеллекта.

Статья 31. Оценки функционирования систем искусственного интеллекта и их соответствия законодательству.

Статья 32. Требования, которые должны быть положены в основу сертификации систем искусственного интеллекта.

Статья 33. Критерии, которым должны удовлетворять разработчики и пользователи.

Статья 34. Системы искусственного интеллекта, которые должны быть запрещены на государственном уровне, а также исключения из таких случаев.

Статья 35. Требования в отношении управления рисками при применении систем искусственного интеллекта с высоким риском.

Статья 36. Риски в сфере функционирования систем искусственного интеллекта.

Статья 37. Тестирование, управление рисками, надзор со стороны человека на протяжении всего жизненного цикла систем искусственного интеллекта.

ГЛАВА 5. ПРАВА И ОБЯЗАННОСТИ СУБЪЕКТОВ ОТНОШЕНИЙ В СФЕРЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.

Статья 38. Компетенция уполномоченных государственных органов в сфере искусственного интеллекта.

Статья 39. Права и обязанности исследователей, разработчиков, производителей технологий искусственного интеллекта, лиц, осуществляющих финансирование исследований и разработок в сфере искусственного интеллекта.

Статья 40. Права и обязанности собственников, владельцев, операторов, пользователей, а также иных лиц, взаимодействующих с технологиями искусственного интеллекта.

Статья 41. Права и обязанности субъектов по обеспечению безопасности и соблюдения существующего законодательства, защищающего основные права на протяжении всего жизненного цикла систем искусственного интеллекта.

ГЛАВА 6. ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОТДЕЛЬНЫХ ОТРАСЛЯХ И СФЕРАХ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Статья 42. Особенности функционирования систем искусственного интеллекта в промышленности.

Статья 43. Особенности функционирования систем искусственного интеллекта в строительстве.

Статья 44. Особенности функционирования систем искусственного интеллекта в области экологии и энергетики.

Статья 45. Особенности функционирования систем искусственного интеллекта в сфере образования и науки.

Статья 46. Особенности функционирования систем искусственного интеллекта в сфере здравоохранения.

Статья 47. Особенности функционирования систем искусственного интеллекта в области государственного управления.

Статья 48. Особенности функционирования систем искусственного интеллекта в банковской и налоговой сферах.

Статья 49. Особенности функционирования систем искусственного интеллекта в области дорожного движения и транспортной деятельности.

Статья 50. Исключительность военной сферы.

Статья 51. Право интеллектуальной собственности на произведения, созданные системами искусственного интеллекта.

ГЛАВА 7. ОТВЕТСТВЕННОСТЬ ЗА НАРУШЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА В СФЕРЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА. СТРАХОВАНИЕ. ЗАЩИТА ПРАВ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Статья 52. Ответственность государственных органов за принятие и реализацию решений в сфере искусственного интеллекта.

Статья 53. Ответственность за нарушение законодательства о создании, изготовлении и эксплуатации систем искусственного интеллекта.

Статья 54. Ответственность разработчиков и пользователей систем искусственного интеллекта.

Статья 55. Страхование ответственности за вред, причиненный системами искусственного интеллекта, и рисков, связанных с созданием и функционированием систем искусственного интеллекта.

Статья 56. Защита прав потребителей в сфере искусственного интеллекта. Право знать о том, что товары изготовлены, работы, услуги выполняются, решение принимается системой искусственного интеллекта.

Статья 57. Обеспечение возможности проверки уполномоченным субъектом решения, принятого системой искусственного интеллекта.

ГЛАВА 8 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ, ОБРАБОТКА, ХРАНЕНИЕ И ЗАЩИТА ДАННЫХ

Статья 58. Данные для систем искусственного интеллекта.

Статья 59. Предоставление данных для обучения систем искусственного интеллекта.
Статья 60. Хранение данных в системах искусственного интеллекта.
Статья 61. Защита данных в системах искусственного интеллекта.

ГЛАВА 9 ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ
Статья 62. Международное сотрудничество государств–участников СНГ в сфере правового регулирования технологий искусственного интеллекта.
Статья 63. Трансграничные технологии искусственного интеллекта.
Статья 64. Действие настоящего Закона.

Заключение. Таким образом, спецификой модельного закона «Об искусственном интеллекте» является необходимость построения концепции опережающего правового моделирования и включения в нормотворческий процесс вопросов оценки технологического воздействия, позволяющих свести к минимуму риски необоснованных решений и избежать отрицательного воздействия технологических достижений на человечество. Предмет регулирования в данном конкретном случае составляют общественные отношения, возникающие на всех этапах жизненного цикла системы ИИ: исследования, проектирование, разработка, выпуск на рынок и использование, включая обслуживание, эксплуатацию, торговлю, финансирование, мониторинг и оценку, проверку, а также действия необходимые к выполнению после окончания срока службы.

Подводя итог сказанному, к предмету правового регулирования в рассматриваемой сфере можно отнести сам ИИ, технологии (системы) ИИ, отношения производства и применения систем ИИ, это с одной стороны, с другой, предметом выступают регуляторные государственно-властные отношения, направленные как на стимулирование развития технологий ИИ, так и на обеспечение безопасности и установление ответственности за неправомерное создание, изготовление и применение систем ИИ, повлекшие определенные, в том числе отрицательные, последствия для общественной и личной безопасности.

Отметим, что в модельном законе «Об искусственном интеллекте» должны быть определены не только состав законодательства в области ИИ, но и установлено, в каком объеме может применяться смежное законодательство – о персональных данных, об информации, о техническом регулировании и др.; закреплены общие права и обязанности каждого из субъектов правоотношений. За счет улучшения прогнозирования, оптимизации операций и распределения ресурсов, а также персонализации предоставления услуг использование ИИ может поддерживать социально и экологически выгодные результаты и обеспечивать ключевые конкурентные преимущества компаниям и экономике. Такие действия особенно необходимы в секторах с высоким уровнем воздействия, включая изменение климата, окружающую среду и здоровье, государственный сектор, финансы, мобильность, внутренние дела и сельское хозяйство. Субъектами указанных общественных отношений выступают физические и юридические лица. В зависимости от сферы регулирования, субъектами права могут выступать: государство; физическое лицо – гражданин как носитель прав и обязанностей; юридическое лицо – соответствующим образом зарегистрированная организация; субъект международного права – участник международных отношений; субъект международного частного права.

Список литературы

[1] Globallegalinsights. – Режим доступа: https://www.globallegalinsights.com/practice-areas/ai-machine-learning-and-big-data-laws-and-regulations/korea#chaptercontent1 – Дата доступа: 28.08.2023.

[2] Petit N. Law and Regulation of Artificial Intelligence and Robots: Conceptual Framework and Normative Implications. – Режим доступа: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2931339 – Дата доступа: 28.08.2023.

[3] OECD framework for the classification of AI systems – public consultation on preliminary findings. – Режим доступа: https://oecd.ai/en/classification – Дата доступа: 28.08.2023.

Авторский вклад

Все вышеуказанные авторы приняли участие в разработке положений, обсуждении положений модельного закона

BASIC PROVISIONS OF THE MODEL LAW «ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE»

Ablomeiko S.V.
Academician of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Scientific Officer of the Institute of Scientific Research of the National Academy of Sciences of Belarus

Ablomeiko M.S.
Associate Professor, BSU Department of Constitutional Law, PhD in Law, Associate Professor

Belotserkovsky A.M.
State Scientific Institution «United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus»

Golenkov V.V.
Professor of the Department of Intellectual Information Technologies of BSUIR, Doctor of Technical Sciences, Professor

Kasanin S.N.
Deputy Director General Deputy Director General for Scientific Work of OIPI NAS of Belarus, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Kruglikov S.V.
Director General of OIPI NAS of Belarus, Doctor of Military Sciences, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Minko N.S.
Head of the Center for State Construction and Law of the State Scientific Institution «Institute of Economics of the National Academy of Sciences of Belarus», PhD in Law, Associate Professor

Mikhaleva T.N.
Associate Professor of the Department of Eurasian Studies of BSU, Leading Researcher of the NCPPI, Candidate of Legal Sciences, Associate Professor

Annotation. Since 2021 the CIS has been conducting research to create a unified approach to regulating the development, implementation and use of artificial intelligence technologies, it is enshrined in the Interstate Program of Innovation Cooperation of the CIS member states for the period up to 2030. In all member states the issues of Artificial Intelligence are reflected in various acts, however, as the analysis shows, no systematization on this issue has been carried out so far. Therefore, there is an urgent need to establish common approaches to definitions in the field of Artificial Intelligence, principles of its use, as well as to propose common model rules for use in the normative activities of the member states, which will contribute to the creation of a harmonized space of technological environment as an integral part of innovative economic development of all CIS member states. For this purpose the development of the draft model law «On Artificial Intelligence» was initiated and on April 24, 2023 the Secretariat of the Council of the Interparliamentary Assembly of the Member States of the Commonwealth of Independent States and the State Scientific Institution «United Institute of Informatics Problems of the National Academy of Sciences of Belarus» concluded an agreement to carry out works in this direction.

Keywords. Artificial intelligence, model law, legal regulation, legal regime of artificial intelligence systems, Commonwealth of Independent States

УДК 004.8

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПОЛИТИКЕ И ИДЕОЛОГИИ

С.К. Дик
Доцент кафедры электронной техники и технологии БГУИР, кандидат физико-математических наук, доцент
sdick@bsuir.by

С.К. Дик
Окончил Минский радиотехнический институт по специальности «Радиотехника», руководит научными исследованиями в области лазерной медицины и биомедицинской оптики.

Аннотация. Рассмотрены вопросы использования искусственного интеллекта в электоральный период. Показаны основные способы использования технологий искусственного интеллекта на всех этапах политических процессов. Раскрыта необходимость принятия безотлагательных мер по разработке «Национальной стратегии развития искусственного интеллекта и робототехники в Республике Беларусь».

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейросеть, чат-бот, агитационный контент, стратегия развития искусственного интеллекта.

Введение. В настоящее время наблюдается стремительное развитие технологий искусственного интеллекта (ИИ). Прогресс в ИИ-технологиях можно считать глобальной революцией, которая повлияет на общество и жизнь в течение ближайших десяти-пятнадцати лет сильнее, чем промышленная и цифровая революции вместе взятые.

Нейросети, которые называют «искусственным интеллектом», отличаются от привычных компьютерных программ возможностью пользоваться ими без знания кодировки и овладения интерфейсом, то есть ввод запросов и постановка задач происходят посредством обычного человеческого языка.

Искусственный интеллект, согласно Национальной стратегии развития искусственного интеллекта в Российской Федерации на период до 2030, это комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая самообучение и поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые, как минимум, с результатами интеллектуальной деятельности человека.

Согласно исследованию Оксфордского университета, в 2020 г. цифровые технологии использовались для манипулирования общественным мнением как минимум в 81 стране. Использовались такие инструменты, как чат-боты, микротаргетинг, алгоритмы формирования контента, клонированные человеческие голоса и базы данных для распознавания лиц.

Основные направления использования ИИ для политических задач. Наша страна вступила в электоральный период. В Единый день голосования 25 февраля впервые в Республике Беларусь состоялись выборы депутатов всех уровней. Впереди президентские выборы в Российской Федерации, а в 2025 году состоится главное электоральное событие – выборы Президента Республики Беларусь. И в данный период необходимо сделать акцент на том, что технологии ИИ могут быть внедрены практически на всех этапах политических процессов. Искусственный интеллект не обладает собственной идеологией или политическими предпочтениями сам по себе, в связи с чем может отстаивать любую.

Среди основных направлений применения технологий ИИ можно выделить:

Создание агитационного контента (тексты, изображения, видео). ИИ может проводить анализ информационного поля и формулировать лозунги и агитационные материалы: речь, пресс-релиз, фотография, видео.

Рассылка таргетированных сообщений. К примеру, в американских политических кампаниях таргетированные сообщения используются для воздействия на четко выделенные колеблющиеся группы избирателей, которые будут решать исход выборов.

Использование чат-ботов для ответов на вопросы избирателей. Обученный чат-бот сможет экономить время телефонных операторов и отвечать на наиболее частые вопросы избирателей. Для эффективного убеждения разных групп избирателей сложность ответов может варьироваться от эмоциональных призывов и лозунгов до статистики.

Моделирование политических предпочтений. ИИ способен проанализировать большие объемы данных, чтобы сформировать политическую повестку.

Совершенствование предсказательных моделей. ИИ может помочь предсказывать результаты выборов и иных политических кампаний, дополняя уже известные прогнозные технологии с помощью выделения неочевидных для человека взаимозависимостей.

Проведение социологических опросов. Возможно использование ИИ-роботов на телефонных опросах населения о политических предпочтениях.

Как ИИ может изменить мнение. Так, например, умные ответы, которые используются миллиарды раз в день, могут повлиять на тех, кто получает такие ответы, чтобы они почувствовали, что отправитель письма более дружелюбен и готов к сотрудничеству.

ИИ, настроенный в пользу социальных сетей, как правило, побуждал испытуемых писать эссе, соответствующее этой предвзятости, и происходило обратное, когда ИИ был настроен против социальных сетей.

Фильтры. Например, в связи с использованием чата GPT в целях пропаганды движения антипрививочников был введён блок для подобных тем и попытки их распространения. Данные меры были предприняты после того, как чат GPT составил программу по распространению идей отказа от вакцинации с использование манипуляций, ссылками на моральные авторитеты и большинство с опорой на поддержание закрепления отрицательной эмоциональной окраской данной темы.

Законодательство.

Европейский Союз и США

В июне этого года Европейский парламент проголосовал за принятие так называемого «Закона об ИИ». Он классифицирует ИИ по трем категориям риска: ограниченный, высокий и неприемлемый.

Неприемлемыми считаются системы ИИ, представляющие «угрозу» для общества.Такие системы запрещены Законом об искусственном интеллекте.

ИИ с высокой степенью риска должен быть одобрен европейскими чиновниками до выхода на рынок, кроме того, разрешение на его использование должно обновляться на протяжении всего жизненного цикла продукта. В частности, ИИ-продукты, связанные с правоохранительной деятельностью, пограничным контролем, проверкой при приеме на работу.

ИИ из категории ограниченного риска, к которым относятся все продукты, не вошедшие в первые две категории, должны быть соответствующим образом маркированы, чтобы пользователи могли всегда знать, что они взаимодействуют с ИИ или продуктами его деятельности, и принимать информированные решения о своих дальнейших действиях.

Большинство компаний, занимающихся масштабными ИИ-проектами, базируются в США. В 2019-м в США была создана Комиссия по национальной безопасности по искусственному интеллекту, которая занималась не только вопросами применения ИИ для обеспечения нацбезопасности, но и регулированием этого применения. В регулировании искусственного интеллекта в США участвуют и различные отраслевые ведомства.

Китай

В КНР разработан проект нормативного документа о генеративном искусственном интеллекте. Одно из положений проекта закона гласит: генеративный ИИ должен отражать «основные ценности социализма», кроме того, в нем присутствуют положения об ответственности разработчиков за деятельность ИИ-систем.

Согласно документу, разработчики несут ответственность за результаты, полученные их ИИ. Помимо того, проект закона описывает ограничения на поиск обучающих данных — например, разработчики несут юридическую ответственность, если наборы данных для обучения генеративных сетей, которые они используют, нарушают чужое авторское право. Имеется в регламенте и ещё одно требование: сервисы искусственного интеллекта должны генерировать только «правдивый и точный» контент.

Предлагаемые правила опираются на существующее в стране законодательство о фальсификациях, рекомендательных алгоритмах и безопасности данных. Это дает Китаю определённое преимущество перед другими странами, разрабатывающими новые законы с нуля.

Также в августе китайский регулятор Интернета также объявил о введении ограничений на технологии распознавания лиц.

Россия

Из числа стран, входящих в ОДКБ, Национальная стратегия развития искусственного интеллекта в настоящее время принята только в РФ (утверждена Указом Президента РФ от 10.10.2019?490). В развитие указанной стратегии в 2020г. разработан и принят федеральный проект «Искусственный интеллект», содержащий дорожную карту конкретных мероприятий и плановые ключевые показатели до 2024г.

Подходы России к регулированию искусственного интеллекта (ИИ) близки к позиции Китая, сообщил глава Минцифры Максут Шадаев на Петербургском международном экономическом форуме (ПМЭФ-2023). «Китай считает, что все данные принадлежат государству по умолчанию», — напомнил он.

Заключение. Подводя итоги, следует особо отметить, что законодательное регулирование в области искусственного интеллекта и нейронных сетей становится все более актуальным по мере того, как эти технологии оказывают все большее влияние на нашу жизнь, включая политические и идеологические взгляды.

Во-первых, ИИ и нейронные сети могут быть использованы для манипуляции политическими и идеологическими убеждениями людей. Алгоритмы машинного обучения могут анализировать данные о поведении и предпочтениях людей, а затем использовать эту информацию для персонализированных маркетинговых кампаний или даже для создания контента, направленного на изменение взглядов аудитории. Это может потенциально усилить поляризацию общества и увеличить риск конфликтов на политическом и идеологическом уровне.

Законодательное регулирование может вводить ограничения на использование ИИ и нейронных сетей для манипуляции мнениями людей, например, путем обязательного раскрытия информации о том, как используются и обрабатываются персональные данные, и ограничений на использование таких технологий в политической рекламе и пропаганде.

Во-вторых, существует опасность систематического искажения информации с использованием ИИ и нейронных сетей. Алгоритмы могут усиливать предвзятость и дискриминацию, основанные на существующих стереотипах и предубеждениях. Это может привести к искажению политических и идеологических взглядов, а также угрожать принципу свободы и независимости средств массовой информации.

Законодательное регулирование может включать в себя механизмы контроля и наблюдения за алгоритмами, обязательное тестирование на предмет предвзятости и дискриминации, а также ответственность за их использование. Это может помочь снизить риск искажения информации и сохранить свободу информации и выражения.

В-третьих - вопрос обеспечения безопасности персональных данных. Использование ИИ и нейронных сетей может привести к утечкам и злоупотреблению персональными данными. Это создает риски для индивидуальных прав и свобод, а также возможность для несанкционированного вмешательства в политические процессы.

Законодательное регулирование должно обеспечивать защиту персональных данных, устанавливать стандарты безопасности и прозрачности в использовании ИИ, а также предусматривать санкции за нарушения. Кроме того, должны быть установлены правила и стандарты для использования автономных систем принятия решений в политических процессах.

Вышесказанное свидетельствует о необходимости принятия безотлагательных мер по разработке «Национальной стратегии развития искусственного интеллекта и робототехники в Республике Беларусь», которая будет определять основные принципы развития и использования технологий ИИ и робототехники, в том числе для обеспечения национальной безопасности и правопорядка, технологического суверенитета, роста благосостояния и качества жизни населения, достижения устойчивой конкурентоспособности белорусской экономики, в том числе передовых позиций в мире в области искусственного интеллекта и робототехники.

Список литературы

[1] inbusiness.kz – Режим доступа: https://inbusiness.kz/ru/last/ii-po-licu-opredelyaet-politicheskie-vzglyady-cheloveka – Дата доступа: 21.09.2023.

[2] nepolitolog – Режим доступа: https://nepolitolog.com/aips – Дата доступа: 21.09.2023.

[3] medium – Режим доступа: https://alex-almamatov.medium.com/как-ии-уже-используется-и-может-использоваться-в-политических-технологиях-c132a52e0619 – Дата доступа: 21.09.2023.

[4] securitylab – Режим доступа: https://www.securitylab.ru/analytics/540782.php – Дата доступа: 21.09.2023.

[5] politgen – Режим доступа: https://www.politgen.ru/analytics/articles/robotizatsiya-politiki/ – Дата доступа: 21.09.2023.

[6] medium – Режим доступа: https://centreusca.medium.com/ии-это-идеология-а-не-технология-c99bac567098 – Дата доступа: 21.09.2023.

[7] prorivists – Режим доступа: https://prorivists.org/81_ai/ – Дата доступа: 21.09.2023.

[8] psyfactor – Режим доступа: https://psyfactor.org/news/ai-propaganda.htm#s2 – Дата доступа: 21.09.2023.

[9]psm7 – Режим доступа: https://psm7.com/ru/security/iskusstvennyj-intellekt-mozhet-ispolzovatsya-dlya-sozdaniya-fejkov-i-propagandy-issledovanie.html – Дата доступа: 21.09.2023.

[10] habr – Режим доступа: https://habr.com/ru/companies/gazprombank/articles/775484/ – Дата доступа: 21.09.2023.

[11] interlaw– Режим доступа: https://interlaw.by/tehnologii-iskusstvennogo-intellekta.h – Дата доступа: 21.09.2023.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN POLITICS AND IDEOLOGY

S.K. Dick
Associate Professor, Department of Electronic Engineering and Technology, PhD of Technical sciences, Associate Professor

Abstract. The issues of using artificial intelligence during the electoral period are considered. The main ways of using artificial intelligence technologies at all stages of political processes are shown. The need to take urgent measures to develop a “National Strategy for the Development of Artificial Intelligence and Robotics in the Republic of Belarus” is revealed.

Keywords: artificial intelligence, neural network, chat bot, propaganda content, artificial intelligence development strategy.

УДК 004.021:004.75

ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ

И.А.Евдокимова
Магистрант кафедры ПИКС
svetaand85@gmail.com

И.В.Андриалович
заместитель декана по ВР факультета компьютерного проектирования БГУИР, аспирант кафедры ИПиЭ
andryinna@bsuir.by

Д.В. Лихачевский
Декан факультета компьютерного проектирования БГУИР, кандидат технических наук, доцент
likhachevskyd@bsuir.by

И.А. Евдокимова
Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2022 году. На данный момент обучается в магистратуре.

И.В. Андриалович
Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем психологического выгорания профессорско-педагогического состава учреждений высшего образования.

Д.В. Лихаческий
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем радиочастотной идентификации объектов, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Аннотация. Интернет вещи (далее – ИВ) сегодня возникают для того, чтобы управлять множеством окружающих систем, включающих в себя различные датчики и исполнительные механизмы в интеллектуальных объектах.

Все они связаны через сети для поддержки связи и обмена информацией между человеком и машиной через определенные протоколы, которые реализуют идентификацию, отслеживание, мониторинг, позиционирование и управление человеком или машиной [1]. ИВ широко используется в различных приложениях, таких как умные города, защита окружающей среды и государственные системы [2].

Ключевые слова: интернет вещи, слияние данных, ресурсы, умный город.

Введение. Интегрируя мир информации с миром объектов, ИВ могут получить любую информацию в любом месте с высоким качеством [3]. Приложения для умных городов являются наиболее распространенной реализацией ИВ.

Умный город – это совокупность многих компонентов из разных доменов ИВ, таких как умный трафик и умные дома. Каждый компонент также состоит из нескольких устройств ИВ, которым необходимо взаимодействовать друг с другом для обработки данных в реальном времени и обмена данными с разными датчиками [5]. Это способствует повышению уровня жизни, а также развитию государственных услуг и

сохранению окружающей среды [6].

Целью создания умных городов является формирование более комфортной и устойчивой среды, повышающей уровень жизни жителей на основе анализа прогнозирования данных и Интернет вещей [7].

Развитие технологий ИВ открывает новую эпоху в экологическом зондировании, что приведет к развертыванию миллионов сенсорных устройств для измерения и мониторинга окружающей среды. Датчики ИВ способны предоставлять данные с высоким пространственным и временным разрешением в дополнение к традиционным методам сбора данных, заполняя тем самым пробелы, существующие в современных методах сбора экологических данных [8].

Области применения датчиков ИВ в экологическом мониторинге следующие [8]:

– мониторинг качества воздуха;

– мониторинг биологически разнообразных регионов, включая леса и торфяники;

– охрана исчезающих видов.

Основная часть. Интеллектуальная среда использует технологии ИВ для обмена и обработки данных между устройствами для улучшения жизни. Однако это связано с дополнительными затратами, такими как экспоненциальный рост устройств, неоднородность вариантов использования и новые сложные функции, с которыми сталкиваются данные ИВ и которые усложняют их обработку и анализ с использованием традиционных методов. Это приводит к резкому снижению производительности используемых ресурсов обработки, что напрямую влияет на общую эффективность и производительность систем на основе ИВ.

Также использование ИВ-датчиков в мониторинге вызывает ряд вопросов, в первую очередь связанных с качеством данных, надежностью и точностью, и работой датчиков в полевых условиях. Датчики ИВ подвержены сбоям, особенно при развертывании для средне- и долгосрочного мониторинга, что приводит к сбору ошибочных данных [8].

С точки зрения Интернет вещей, на достоверность данных влияют новые сложные функции из-за огромной динамики данных, пространственности, временности, надежности и истечения срока действия, в дополнение к типичным характеристикам больших данных, таким как неоднородность данных и постоянно растущие объемы ненадежных данных ИВ, собранные с беспрецедентной скоростью [9,10].

Использование ресурсов связано с несколькими параметрами, которые необходимо учитывать, такими как пропускная способность, задержка, надежность, энергия и доступность [11]. Следовательно, появляются дополнительные опасения по поводу использования ресурсов в системах на основе ИВ в результате полученных характеристик данных, которые могут негативно повлиять на вышеупомянутые параметры, вызывая серьезные проблемы в подходах [12]. Это включает в себя потребление большего количества ресурсов и времени обработки массивных и избыточных данных, снижение точности использования ресурсов, а также доступности и надежности из-за ошибочных, неоднородных и поступающих в реальном времени данных ИВ.

Слияние данных – это процесс обработки данных из нескольких источников для получения более согласованной, точной и полезной информации, чем информация, предоставляемая любым отдельным источником данных [13]. Слияние данных включает в себя различные методологии на разных уровнях данных для устранения ошибок данных ИВ, управления динамикой данных, пространственностью, временностью, надежностью и сроком действия, а также для уменьшения размера данных.

Таким образом, внедрение объединения данных в подходы к использованию ресурсов повысит точность, доступность и надежность обработки, что положительно скажется на процессе принятия решений об использовании ресурсов [14].

Методы использования ресурсов для систем ИВ подразделяются на четыре группы [15]:

1 Соглашение об уровне обслуживания: использование ресурсов службы ИВ между поставщиками и клиентами таким образом, чтобы увеличить прибыль поставщика услуг и удовлетворенность клиентов.

2 Контекстно-зависимый: использование ресурсов для обеспечения надежной связи между устройствами ИВ и связанной с этим высокой производительности передачи данных в беспроводной сети.

3 Качество обслуживания: использование ресурсов услуг ИВ между поставщиками и потребителями таким образом, чтобы обеспечить качество обслуживания.

4 Экономия: использование ресурсов в сетях ИВ, где многие разнородные и мощные ресурсы управляются либо облачными вычислениями, туманными вычислениями, или периферийные вычислительные инфраструктуры.

Заключение. Таким образом, использование ресурсов в системах на основе ИВ очень востребовано для эффективного выделения ресурсов обработки и, следовательно, для эффективной обработки сложных данных ИВ. Однако такие подходы сталкиваются с различными проблемами, включая узкие места в обработке, задержку и т.д., из-за беспрецедентных особенностей, связанных с данными ИВ, которые косвенно влияют на их эффективность.

Хотя в различных исследованиях представлены подходы к использованию ресурсов для таких систем, но они не оценивались с разных точек зрения на использование ресурсов. Кроме того, не было предпринято никаких усилий для исследования их эффективности для обработки беспрецедентных функций данных, которые неизбежно влияют на точность и эффективность использования ресурсов.

Список литературы

[1] Zhang T. Collaborative algorithms that combine AI with IoT towards monitoring and control system /T. Zhang, Y. Zhao, W. Jia, M.Y. Chen// Futur. Gener. Comput. Syst.– 2021.– 125. – pp 677–686.

[2] Lv Z. Intelligent edge computing based on machine learning for smart city/ Z. Lv, D. Chen, R. Lou, Q. Wang// Futur. Gener. Comput. Syst.– 2021.– 1215. – pp 90-99.

[3] Fawzy D. The spatiotemporal data reduction (STDR): an adaptive IoT-based data reduction approach/ D. Fawzy, S. Moussa, N. Badr // in: Proceedings of the 10th International Conference on Intelligent Computing Information System [Electronic resource] – https://doi.org/10.1109/ICICIS52592.2021.9694199.

[4] Wang S., Liu X., Liu S., Muhammad K., Heidari A.A., Del Ser J., V.H.C. de Albuquerque, Human short-long term cognitive memory mechanism for visual monitoring in IoT-assisted smart cities, IEEE Internet Things J. (2021).

[5] Fortino G. A meritocratic trust-based group formation in an IoT environment for smart cities./ G. Fortino, L. Fotia, F. Messina, D. Rosaci, G.M. Sarne// Futur. Gener. Comput. Syst. – 2020 – 108 – pp 34–45.

[6] Rizk D. SMART hospital management systems based on internet of things: challenges, intelligent solutions and functional requirements/ D. Rizk, H. Hosny, E.-S. El-Horbaty// Int. J. Intell. Comput. Inf. Sci.– 2022 – 22 – pp 32–43.

[7] Fawzy D. Data fusion for data prediction: an iot-based data prediction approach for smart cities/ D. Fawzy, S. Moussa, N. Badr // ResearchGate [Electronic resource] –publication/372117355_data_fusion_for_data_prediction_an_iot-based_data_prediction_approach_for_smart_cities

[8] Nwamaka U. Okafor. Advances and Challenges in IoT Sensors Data Handling and Processing in Environmental Monitoring Systems / U. Nwamaka // ResearchGate [Electronic resource] –publication/Advances_and_Challenges_in_IoT_Sensors_Data_Handling_and_Processing_in_Environmental_Monitoring

[9] Fawzy D. The spatiotemporal data fusion (STDF) approach: IoT-based data fusion using big data analytics. / D. Fawzy, S. Moussa, N. Badr // Sensors – 2021 – 21.

[10] Fawzy D. The Internet of Things and Architectures of Big Data Analytics: Challenges of Intersection at Different Domains./ D. Fawzy, S. Moussa, N. Badr // IEEE Access – 2022.

[11] Sarkar P. A survey on IOT based digital agriculture monitoring system and their impact on optimal utilization of resources/ P. Sarkar, C. Satyanarayana// J. Electron. Commun. Eng. – 2016 –11 – pp 1–4.

[12] Chang.Y.C.L. Agent-based middleware framework using distributed CPS for improving resource utilization in smart city/ Y.C.L. Chang, K.C.C. Kuo-Chi, H.C. Wang, J.S. Pan// Futur. Gener. Comput. Syst.– 2020 – 108 – pp 445–453.

[13] Liu X. Intelligent data fusion algorithm based on hybrid delay-aware adaptive clustering in wireless sensor networks/ X. Liu, R. Zhu, A. Anjum, J. Wang, H. Zhang, M. Ma// Futur. Gener. Comput. Syst.– 2020 – 104 – pp 1–14.

[14] C.M. de Farias. A multi-sensor data fusion technique using data correlations among multiple applications/

C.M. de Farias, A.L Pirmez, G. Fortino, Guerrieri// Futur. Gener. Comput. Syst. – 2019 – 92 – pp 109–118.

[15] Jadhav D. Utilization of resource's in IoT/ D. Jadhav, V. Muddebhalkar, L. Khandare, //Int. J. Comput.– 2017 – Appl. – p167.

Авторский вклад

Лихаческий Дмитрий Викторович – руководство исследованием по областям применения систем на основе Интернет вещей.

Андриалович Инна Владимировна – постановка задачи исследования, формирование структуры статьи.

Евдокимова Ирина Александровна – рассмотрение областей применения, интеллектуальной среды, ресурсов для систем ИВ.

APPLICATIONS OF SYSTEMS BASED ON INTERNET OF THINGS

I.A. Evdokimova
Master's student of the department

I.V.Andryalovich
Deputy Dean of the Faculty of Computer Design of BSUIR, postgraduate student of the Department of IP&E

D.V. Likhachevsky
Dean of the Faculty of Computer Design of BSUIR, PhD of Technical Sciences, Associate Professor

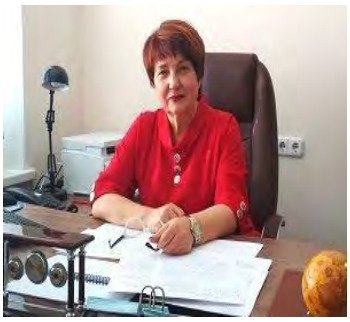
Abstract. The Internet of Things (hereafter referred to as IoT) is emerging today to control a multitude of surrounding systems that include various sensors and actuators in smart objects.

All of them are connected through networks to support communication and information exchange between humans and machines through certain protocols that realize identification, tracking, monitoring, positioning, and control of a person or machine. IS is widely used in various applications such as smart cities, environmental protection and government systems.

Keywords: IoT, data fusion, resources, smart city.

УДК 004.65:37.062

РАЗРАБОТКА АНАЛИТИЧЕСКОГО ПОДХОДА НА ОСНОВЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ФАКТОРОВ УСПЕХА СТУДЕНТОВ



Т.В. Казак
Заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики, доктор психологических наук Республики Беларусь, доктор психологических наук Российской Федерации, профессор, БГУИР
kazak@bsuir.by

А.В. Свороб
Студентка БГУИР, кафедра инженерной психологии и эргономики
nastyasvorob@gmail.com

А.Н. Василькова
Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики, БГУИР
a.vasilkova@bsuir.by

Т.В. Казак
Заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики, доктор психологических наук Республики Беларусь, доктор психологических наук Российской Федерации, член-корреспондент Международной академии психологических наук, профессор.
Образование: Высшее; Аспирантура, специальность: 19.00.03 - психология труда, инженерная психология, эргономика; Докторантура, специальность: 19.00.03 - психология труда, инженерная психология, эргономика.
Область профессиональных интересов / исследований: Психология труда. Инженерная психология. Эргономика. Психология управления. Юридическая психология. Социальная и организационная психология. Клиническая психология.

А.В. Свороб
Студентка кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР.
Область профессиональных интересов / исследований: языки программирования, искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности.

А.Н. Василькова
Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики.
Образование: 2007 - МГВРК по специальности «Программное обеспечение информационных технологий»,
2022 - магистратура БГУИР по специальности «Охрана труда и эргономика».
Область профессиональных интересов / исследований: языки программирования, искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности.

Аннотация. Снижение отсева студентов в высшем образовании играет важную роль в выполнении основной миссии и финансовом благополучии учебного заведения. Доступность источника больших данных из системы управления обучением (*LMS*) может быть проанализирована, чтобы помочь в решении проблемы отсева. Целью данного исследования является использование интегрированной методологии научного исследования дизайна (*DSR*) для разработки и оценки нового аналитического решения на основе больших

данных (*BDAS*) в качестве артефакта поддержки принятия решений в сфере образования. *BDAS* как артефакт *DSR* использует подходы искусственного интеллекта для прогнозирования потенциальных студентов, находящихся в группе риска. Выявление студентов, находящихся в группе риска, помогает своевременно вмешаться в учебный процесс, чтобы улучшить успеваемость студентов и повысить процент их удержания.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, исследование на основе дизайна, система поддержки принятия решений, большие данные, информационная система, машинное обучение, образование.

Введение. В последнее время искусственный интеллект широко и эффективно применяется в компьютерной сфере. В литературе отмечаются преимущества и возможности применения искусственного интеллекта (ИИ) в сфере образования. Несколько примеров применения: аналитика данных, прогнозирование зачисления студентов, система рекомендаций для карьерного роста или управления ресурсами, адаптивное репетиторство, прогнозирование готовности студентов к трудоустройству, мониторинг и прогнозирование успеваемости студентов или выявление проблемных студентов. Существующие исследования не фокусируются на больших данных *LMS* для прогнозирования академической успеваемости на ранних этапах обучения. В большинстве исследований использовались данные, полученные в ходе транзитного обучения или полностью онлайн, и лишь в небольшом количестве исследований изучались данные, полученные при взаимодействии студентов с *LMS* в смешанном обучении. Кроме того, в большинстве существующих исследований не подчеркивается важность выявления студентов группы риска на ранних этапах обучения. Необходимо разработать аналитическое решение, работающее в режиме реального времени, для раннего выявления студентов, подверженных риску неуспеваемости, в среде смешанного обучения, чтобы своевременно предложить им стратегии и меры по исправлению ситуации для поддержания академического прогресса студентов. Кроме того, большинство исследований, связанных с методологией исследования и созданием и оценкой артефактов *DSR*, являются недостаточными, учитывая, что эти исследования не используют интегрированную методологию *DSR* и *DBR* для планирования исследования по проектированию и разработке артефакта; эти исследования используют подходы анализа больших данных, но не используют *DSR* или *DBR* или интегрированную парадигму *DSR*; эти исследования не оценивают артефакты *DSR* в соответствии с их сложностью. Тем не менее, существующая литература может быть использована для экстраполяции для достижения цели данного исследования, таким образом, формируя основу данного исследования.

Основная часть. На начальных этапах нашей комплексной методологии исследования *DSR* был проведен обширный системно-аналитический обзор литературы и мета-анализ (*SLRM*) по применению технологий ИИ в высшей школе в отношении академической успеваемости студентов. Систематический обзор литературы направлен на понимание тенденций применения технологий на основе ИИ в широком спектре, связанных с мониторингом и прогнозированием академической успеваемости студентов, а также на выявление различных алгоритмов ИИ и процесса разработки моделей ИИ. *SLRM* был проведен с использованием системы *PRISMA* с определением поискового протокола, включающего критерии включения и исключения, и предоставлением богатых результатов. В *SLRM* были выделены этапы, алгоритмы и метрики оценки, использованные в исследованиях. Эти алгоритмы и метрики оценки легли в основу проектирования и разработки *BDAS*.

Целью проектирования и разработки *BDAS* является обучение и оценка прогностической модели на основе классифицированных данных для прогнозирования академической успеваемости студентов. Прогностическая модель должна быть достаточно точной, чтобы выявлять студентов, которым грозит неуспеваемость. Прогнозирование может помочь преподавателям в реализации стратегий, направленных

на повышение эффективности обучения студентов и улучшение их академической успеваемости. *BDAS* может быть интегрирована в учебные курсы для своевременного и точного определения академического прогресса студентов, особенно студентов группы риска. Своевременное выявление студентов, находящихся в группе риска, способствует более раннему вмешательству для улучшения их академической успеваемости. Общая вычислительная модель состоит из сбора данных, предварительной обработки данных, анализа данных с помощью алгоритмов и оценки. Эта типовая модель адаптируется к каждой итерации этапа проектирования и разработки *BDAS*. В каждой итерации использовались различные методы предварительной обработки и различные алгоритмы для достижения цели *BDAS*.

В случае с большими данными в сфере образования *LMS* генерирует большое количество данных в режиме реального времени. Прогностическая модель *BDAS* обучается на наборе исторических данных о взаимодействии студентов с *LMS*, как показано в данном исследовании. Для сбора поступающих больших данных и создания сегментов данных используется распределенная платформа обработки больших данных, например *Apache Kafka* и *Spark*.

Эти небольшие сегменты *Fahd and Miah Journal of Big Data* Распределенная платформа обработки больших данных используется для сбора входящих больших данных и создания сегментов данных. Эти партии больших данных классифицируются *BDAS* для выявления студентов, находящихся в группе риска, а *ML*-модели принимают все входные данные одновременно для создания выходных данных, что невозможно в *BDAS* из-за большого объема и высокой производительности. скорость больших данных. Существуют различные подходы к решению этой проблемы и применению алгоритмов ИИ для разработки модели на больших образовательных данных, такие как технологии параллельной обработки, высокопроизводительная вычислительная инфраструктура, платформы обработки данных для разделения данных.

В данном исследовании предлагается использовать платформу обработки данных для архитектуры метода *BDA*. Однако, в данном исследовании основное внимание уделяется проектированию, разработке и оценке *BDAS*, а не архитектурной среде *BDAS*.

Артефакт *DSR*, основанный на ИИ, является сложным артефактом и разрабатывается в соответствии с требованиями и целями, определенными на предыдущих этапах. Подходы к проектированию, разработанные на основе контекстуальных знаний и общей практики, приводят к улучшению дизайна артефакта. В данном исследовании использовались два набора итераций для проектирования и разработки *BDAS* в качестве прогностической модели на основе существующих в литературе подходов: Прогностическая модель на основе *ML*; Прогностическая модель на основе *DL*. На этом этапе мы применяем алгоритмы *ML* и *DL* для проектирования и разработки прогностических моделей на основе *ML* и *DL* в качестве артефактов *DSR* для точного определения потенциальных студентов с риском неуспеваемости из набора данных, основанных на взаимодействии студентов с *LMS*. Итерационный подход в этой фазе обеспечивает непрерывное улучшение построения *DSR*-артефакта путем оценки различных показателей эффективности с помощью матрицы путаницы в каждой итерации. Эти показатели эффективности различных алгоритмов ИИ в каждой итерации сравниваются для выбора лучшей прогностической модели. *BDAS* как артефакт *DSR* строится из серии задач, состоящих из сбора данных, предварительной обработки данных, анализа данных с помощью алгоритмов искусственного интеллекта, оценки и принятия успешного решения. Все эти задачи предназначены для разработки и оценки прогностических моделей на основе *ML* и *DL*. Рабочий процесс обучения артефакта на основе ИИ показан на рисунке 1.

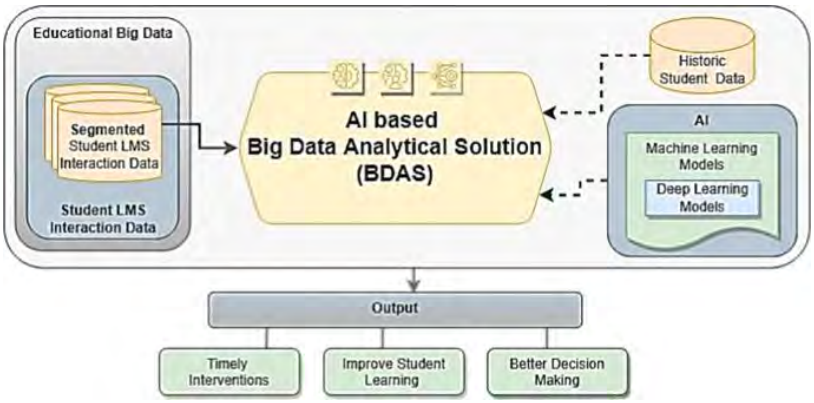


Рисунок 1. Рабочий процесс обучения артефакта на основе ИИ

Для обучения прогностической модели в данном исследовании был использован свободно распространяемый набор данных из репозитория *UCI ML*, включающий 230 318 примеров действий и взаимодействий студентов с *LMS*.

На первой итерации для обучения и оценки прогностической модели используются пять древовидных алгоритмов *ML* с супервизией (*J*48, *Random Forest*, *OneR*, *Decision Stump*, *NBTree*). Эти древовидные алгоритмы используют серию решений «если – то» для создания высокоточных, легко интерпретируемых прогнозов, чтобы выявить потенциальных студентов, подверженных риску неуспеваемости. Для дальнейшей настройки к преобразованному набору данных применяется метод ансамбля бустеров. Прогностическая модель обучается и тестируется с помощью *k*-кратной перекрестной валидации на обучающих и тестовых данных с использованием пяти вышеупомянутых алгоритмов *ML* с супервизией итеративно. На последнем этапе сравниваются показатели эффективности всех прогностических моделей, основанных на пяти алгоритмах *ML*, чтобы выбрать наиболее точную прогностическую модель для построения *BDAS*. При реализации *BDAS* в реальном времени для получения и сегментации потока больших данных из *LMS* в реальном времени будет использован фреймворк обработки данных, например *Apache spark*, который разделит большие данные на небольшие партии для обработки и классификации предиктивной моделью *BDAS*.

Во второй итерации непрерывного совершенствования артефакта, основанного на искусственном интеллекте, используются два различных метода предварительной обработки данных для изменения распределения классов и дополнения набора данных, чтобы устранить последствия дисбаланса данных. Алгоритмы *DL* состоят из нейронных сетей с несколькими слоями дифференцируемых нелинейных узлов. Три *DL*-алгоритма – *Long Short-term Memory* (*LSTM*), *Multi-layer Perceptron* (*MLP*) и *Sequential Model* (*SM*) – были применены для обучения дополненного набора данных, что показало более высокую точность классификации модели предсказания и уменьшило количество ложных предсказаний. Более высокая точность классификации и уменьшение количества ложных предсказаний означают низкую вероятность того, что не будут выявлены учащиеся, не входящие в группу риска, что соответствует цели общего описания *BDAS* как артефакта *DSR*.

Заключение. В исследовании представлена интеграция двух исследовательских методологий *DSR* и *DBR* на основе ключевых сходств между ними для проектирования, создания и оценки нового артефакта *DSR* под названием *BDAS*. Методологический взгляд формирует соответствующую исследовательскую парадигму для проектирования, разработки и оценки артефакта *BDAS*, который может быть внедрен для повышения академической успеваемости с помощью стратегий своевременного вмешательства для

тех, кто находится под угрозой неуспеваемости, и поддержки принятия более эффективных решений.

Список литературы

[1] Алджохани О. Всесторонний обзор основных исследований и теоретических моделей удержания студентов в высшем образовании.М: High Educ Stud. 2016. – 200 с.

[2] Бир К., Лоусон К. Проблема отсева студентов в высшем образовании: альтернативный взгляд. М.: J Furth High Educ. 2017. – 773 с.

[3] Отоо-Артур Д., ван Зил Т. Масштабируемая гетерогенная структура больших данных для систем электронного обучения. М.: IEEE; 2020. – 448 с.

[4] Анг Л-М, Ге Ф, Сенг К. Большие образовательные данные и аналитика: обзор, архитектура и проблемы. М.: IEEE Access. 2020. – 414 с.

Авторский вклад

Казак Тамара Владимировна – руководство и постановка задачи исследования аналитического подхода на основе больших данных для прогнозирования факторов успеха студентов.

Василькова Анастасия Николаевна – постановка задачи исследования, описание принципа работы Big Data в улучшении эффективности прогнозирования факторов успеха студентов, анализ полученных результатов, формирование структуры статьи.

Свороб Анастасия Вячеславовна – тестирование программного средства, описание принципов использования прогнозирования факторов успеха студентов, формирование структуры статьи.

DEVELOPMENT OF ANALYTICAL BIG DATA APPROACH FOR PREDICTIONS OF SUCCESS FACTORS STUDENTS

T.V. Kazak
Head of the Department of Engineering Psychology and Ergonomics, doctor of psychological sciences of the Republic of Belarus, doctor of psychological sciences of the Russian Federation, Professor, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus.

A.V. Svorob
BSUIR student, Department of Engineering Psychology and Ergonomics

A.N. Vasilkova
Senior Lecturer, Department of Engineering Psychology and Ergonomics, BSUIR

Abstract. Reducing student attrition in higher education plays an important role in achieving the core mission and financial health of the institution. The availability of big data source from the learning management system (LMS) can be analyzed to help address the attrition problem. The purpose of this study is to use an integrated design scientific research (DSR) methodology to develop and evaluate a new big data analytics solution (BDAS) as an educational decision support artifact. BDAS as an artifact DSR uses artificial intelligence approaches to predict potential at-risk students. Identifying students who are at risk helps to intervene early in the educational process to improve student performance and increase retention rates.

Keywords: Artificial intelligence, design-based research, decision support system, big data, information system, machine learning, education.

UDC 004.021:004.75

ОБРАБОТКА ДАННЫХ В СЕТИ ИТ-ДИАГНОСТИКИ БОЛЕЗНИ АЛЬЦГ ЕЙМЕРА

В.А. Вишняков
Профессор кафедры ИКТ БГУИР, д.т.н., профессор
vish@bsuir.by

Юй Чуюэ
Аспирантка кафедры ИКТ БГУИР
ycy18779415340@gmail.com

В.А. Вишняков
Окончил Минский радиотехнический институт. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов инфокоммуникационных систем, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в области сетей IoT и блокчейн.

Ю. Чуюэ
Учится в аспирантуре Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с областью обработки информации, ИТ-диагностики и интернета вещей (IoT).

Аннотация. Доклад посвящен процессу представления и обработки звуковых данных для диагностики болезни Айцгеймера (БА). Представлена структура сети Интернета вещей (*IoT*) для ИТ-диагностики болезни Альцгеймера, ее основные компоненты и этапы работы. Основывающийся по результатам экспериментов данные описаны, представлены и обработаны.

Ключевые слова: машинное обучение, обработка данных БА, сеть *IoT* ИТ-диагностики.

Введение. На пути к интеллектуальным медицинским услугам, с увеличением объема информации, собираемой с помощью систем мониторинга пациентов, в области здравоохранения крайне важно принимать сложные аналитические решения, используя различные типы данных, собранных от каждого пациента [1]. Проблема больших данных в этой области важна не только из-за огромного объема, но и из-за разнообразия типов данных и скорости управления ими [2]. Научный мир называет это «проблемой больших данных», в то время как сети обработки данных, построенные с использованием новых технологий, таких как интернет вещей, облачные вычисления. Сети Интернет вещей и больших данных могут помочь усовершенствовать механизмы обработки информации в медицинских приложениях, включая: сбор и передачу данных, анализ данных, удаленную диагностику пациентов, мониторинг и обратная связь в режиме реального времени.

Акцент в службах здравоохранения смещается с модели реагирования на раннее прогнозирование. В случае (болезни Альцгеймера) на ранних стадиях не наблюдается дефицита движений, чувствительности или координации [3], поэтому пациентам часто ставят диагноз после того, как заболевание прогрессировало в течение нескольких лет. Это не только наносит ущерб пациенту, но и влечет за собой экономические издержки для общества (по оценкам, только в США они составляют более 100 миллиардов долларов

ежегодно) [4]. Потребность в точной и неинвазивной диагностической сетевой системе, интегрирующей ИТ-медицину для работников в клиниках, становится все более актуальной проблемой здравоохранения.

Распространенные формы данных, используемых для диагностики болезни Альцгеймера на основе информационных технологий, включают данные медицинской визуализации, медицинские карты пациентов, результаты когнитивных тестов, биомаркеры и мультимодальные данные. Представление этих данных включает:

1 Инструменты визуализации данных: программное обеспечение используется для создания визуальных представлений сложных данных (таких как визуализация головного мозга), чтобы обеспечить удобные интерфейсы, позволяющие клиницистам эффективно получать доступ к данным пациента и интерпретировать их.

2 Модели машинного обучения: анализ больших наборов данных для идентификации алгоритмов, указывающих на болезнь Альцгеймера, что позволяет использовать существующие данные для определения наличия у испытуемых болезни Альцгеймера.

3 Платформы интернета вещей: использование существующих платформ Интернета вещей для всестороннего представления данных о пациентах.

Алгоритм диагностики БА. В области ИТ-медицины аудиоданные могут использоваться в качестве оценочного показателя для диагностического исследования болезни Альцгеймера. Этот тип данных часто используется с помощью таких методов, как анализ голоса, обработка языка, автоматическое распознавание речи (*ASR*) – преобразование речи в текст, которое затем позволяет анализировать и интерпретировать лингвистический контент с использованием технологий обработки естественного языка (*NLP*). Передовые методы обработки данных и машинного обучения обычно используются при обработке и анализе этих данных для извлечения ключевой информации о когнитивном состоянии пациента.

В статье авторов [5], алгоритм классификатора случайного леса был применен для анализа полных текстовых данных, извлеченных из расшифрованных аудиоданных интервьюируемых. Набор данных *ADReSS* 2020 *Challenge* [6] был использован в этом исследовании для предоставления расшифровок аудиоданных.

Классификатор случайного леса – это алгоритм контролируемого обучения, обычно используемый для задач классификации и регрессии. При идентификации болезни Альцгеймера алгоритм случайного леса используется для различения пациентов с болезнью Альцгеймера и здоровых людей. Он работает путем построения нескольких деревьев решений и агрегирования их прогнозов для повышения общей точности и надежности. Каждое дерево решений обучается независимо, для окончательного решения делается «голосование» или усредненный прогноз. В исследовании использовались числовые векторы в качестве признаков для обучения модели случайного леса и использовался метод *GridSearchCV* для оптимизации гиперпараметров случайного леса, чтобы найти оптимальные настройки модели. Производительность модели в первую очередь оценивается точностью классификации.

Структура сети для ИТ-диагностики БА. Структура сети Интернета вещей для ИТ-диагностики болезни Альцгеймера представляет собой систему, предназначенную для мониторинга, анализа и прогнозирования показателей БА путем интеграции различных технологических компонентов и процессов: от датчиков до обработки на стороне сервера и выдачи результатов в приложения смартфона. При построении сети обработки данных для диагностики болезни Альцгеймера необходимо учитывать ее масштабируемость. Во многих приложениях, требующих автоматизированного принятия решений, нередко приходится получать данные из различных источников, которые могут предоставить дополнительную информацию.

Основные компоненты системы. Разработка сети Интернета вещей облегчает персонализированные медицинские услуги за счет обеспечения взаимодействия между устройствами в режиме реального времени, обработки и анализа данных и использования различных протоколов для передачи данных и обмена ими. Система представляет собой интеллектуальную медицинскую платформу на основе Интернета вещей, которая обеспечивает мониторинг и диагностику пациентов с болезнью Альцгеймера в режиме реального времени с использованием сенсорных устройств, сетевых протоколов и технологий обработки данных. В ней используется модель клиент-сервер для сбора, передачи, обработки и отображения данных в режиме реального времени. Рассмотрим основные этапы работы такой системы.

1 Сбор и ввод данных:

а) Источники данных: данные могут поступать из смартфонов, на который поступают звуковая информация голоса пациентов.

б) Форматирование данных: собранные необработанные данные преобразуются в формат, подходящий для дальнейшей обработки. При сборе голоса пациента с болезнью Альцгеймера он может быть преобразован в текст или расшифровку.

2 Передача данных:

а) Загрузка данных: данные из смартфона пересылаются на сервер или в облачную платформу, где может выполняться их предварительная обработка и извлечение необходимых функций.

б) Сетевые протоколы: используются сетевые протоколы (такие как *HTTP*, *MQTT*, *TCP/IP* и т.д.) для обеспечения безопасной и эффективной передачи данных. Например, клиенты могут отправлять данные на локальный сервер с помощью *HTTP POST*-запроса по указанному *URL*-адресу или осуществлять подключение между устройствами и своевременную связь по протоколу *MQTT*.

3 Обработка и анализ данных:

а) Очистка данных: удаление недопустимых, неполных или нерелевантных данных.

б) Интеллектуальный анализ данных: после отправки данных агенту прогнозирования БА на базе обученной нейронной сети, происходит обработка и интерпретация данных от новых пациентов. С помощью голосовых данных платформа *Flask Framework* может использоваться для приема *HTTP*-запросов, функции просмотра могут использоваться для анализа и обработки данных, которые затем передаются в предварительно обученную нейронную сеть для прогнозирования диагноза болезни Альцгеймера, генерируя диагностические результаты.

4 Машинное обучение и прогнозирование модели. Используемая модель машинного обучения распознает болезнь Альцгеймера на основе собранных характеристик данных, выводя результаты прогнозирования. Эта модель проверяются с использованием накопления данных и может корректироваться в процессе обучения, повышая точность с течением времени.

5 Взаимодействие с пользовательским интерфейсом. Этот шаг имеет значение для визуализации данных с использованием таких инструментов, как диаграммы, информационные панели и т.д., для представления результатов пользователям и создания отчетов об анализе данных или сводок. Медицинские работники и пациенты взаимодействуют с системой через интерфейсную страницу, написанную на *JAVA*, просматривая результаты анализа и получая прогнозы, поддерживая запись, преобразование голоса в текст и отображение результатов прогнозирования.

Для связи в режиме реального времени протокол *MQTT* может использоваться для передачи результатов прогнозирования в режиме реального времени, отправляя результаты обратно исходному клиенту или другим клиентам, подписанным на соответствующую тему. Платформа *OSTIS* может быть внедрена для реализации клиентом,

где ее база знаний и средство решения проблем позволяют легко интегрировать любую модель решения проблем или знания в систему *OSTIS* без затрат на управление (по принципу «подключи и работай»), облегчая последующее обслуживание или расширение модели.

6 Хранение данных. После того, как агент прогнозирования обработает данные и выдаст результаты прогнозирования БА, необходимо рассмотреть возможность резервного копирования и восстановления данных, чтобы обеспечить безопасность данных и возможность восстановления для последующего анализа или отчетности. Один из методов заключается в хранении данных о пациентах, результатов анализа и исторических записей в структурированной базе данных в рамках одной и той же записи данных. Тип и структура базы данных разработаны для удовлетворения конкретных потребностей диагностики БА, обеспечивая эффективный поиск данных и управление ими, например, база данных *MongoDB*. Данные также могут быть сохранены и постоянно храниться с помощью конфигурации *EMQX* broker, гарантируя, что сообщения *MQTT* (такие как результаты прогнозирования) могут быть немедленно переданы новым клиентам при необходимости.

7 Безопасность данных и конфиденциальность.

а) Шифрование: данные шифруются для защиты во время передачи и хранения. После того, как пользователи отправляют личные данные, система использует технологию децентрализованного хранения *IPFS* для генерации хэш-значения для каждого файла, обеспечивая целостность и безопасность данных. Пользователи могут не только генерировать и публиковать хэш-значения для проверки подлинности файлов, когда это необходимо, но также могут загружать соответствующие данные и результаты. Во время передачи данных также могут использоваться зашифрованные версии протоколов *HTTP* и *MQTT* (такие как *HTTPS* и MQTTS) для обеспечения безопасности передачи данных.

б) Контроль доступа: убедится, что только авторизованные пользователи могут получить доступ к конфиденциальным данным. В сети *Ethereum* этого шага можно достичь путем написания смарт-контрактов для ограничения и просмотра разрешений пользователей. Экспортируйте все файлы из базы данных, используя *MongoDB* в качестве примера, получите файлы *Patient_info.bson* и *Patient_info.metadata.json*, повторно зашифруйте эти два файла с помощью технологии *IPFS*, получите зашифрованные хэш-значения, напишите смарт-контракты и опубликуйте хэш-значения в сети Ethereum или загрузите данные в база данных хэш-значений для управления данными и торговли ими. При использовании функции аутентификации *EMQX* broker это также может гарантировать, что только авторизованные пользователи смогут получать доступ к сообщениям и публиковать их.

в) Соответствие требованиям: использование правил защиты данных и конфиденциальности.

г) Экспорт данных: На данном этапе в системе может быть задействовано несколько пользователей с разными ролями (например, клиенты, поставщики данных). Данные (такие как информация о пациенте и метаданные) могут быть экспортированы в определенные форматы файлов (такие как: *bson* и *json*) для дальнейшего использования.

8 Обратная связь и оптимизация. Основное внимание на этом этапе уделяется мониторингу производительности, оптимизации и корректировке для постоянного улучшения системы на основе результатов экспериментов и отзывов пользователей. Инструменты отладки *Flask framework* и возможности мониторинга *EMQX* могут использоваться для отслеживания производительности системы и проблем, мониторинга производительности потока обработки данных, предоставления обратной связи в режиме реального времени и позволяют разработчикам корректировать и оптимизировать поток обработки данных на основе обратной связи.

Приложение. Результаты диагностики могут быть представлены в различных формах, включая, но не ограничиваясь ими, исчерпывающие аналитические отчеты, диаграммы, визуальные данные или легко понятные текстовые описания. Для голосовых данных авторы внедрили интуитивно понятное представление результатов диагностики, а модель машинного обучения выводит процентную вероятность наличия у участника болезни Альцгеймера. Чтобы сделать результаты системы более полными, можно добавить объяснение модели, указав, какие результаты тестов или поведенческие индикаторы указывают на возможное снижение когнитивных способностей, или включив исторические результаты тестирования участника, чтобы исключить субъективное влияние отдельных случаев.

Заключение. В докладе описаны данные, используемые для обучения нейронной сети распознавания БА, представлена сеть *IoT* обработки данных, которая используется в ИТ-диагностике болезни Альцгеймера. Она охватывает этапы от сбора данных до обработки данных, генерации результатов, защиты данных и обмена ими, а также конечного вывода данных. Эта сеть может быть применена к различным приложениям, таким как анализ медицинских данных, удаленный мониторинг или платформы обмена данными.

Список литературы

[1] Sakr S, Elgammal A. Towards a comprehensive data analytics framework for smart healthcare services[J]. Big Data Research, 2016, 4: 44-58.

[2] Dragomir A, Vrahatis A G, Bezerianos A. A network-based perspective in Alzheimer's disease: Current state and an integrative framework[J]. IEEE journal of biomedical and health informatics, 2018, 23(1): 14-25.

[3] McKhann G, Drachman D, Folstein M, et al. Clinical diagnosis of Alzheimer's disease: Report of the NINCDS-ADRDA Work Group* under the auspices of Department of Health and Human Services Task Force on Alzheimer's Disease[J]. Neurology, 1984, 34(7): 939-939.

[4] Polikar R, Topalis A, Parikh D, et al. An ensemble based data fusion approach for early diagnosis of Alzheimer’s disease[J]. Information Fusion, 2008, 9(1): 83-95.

[5] Vishniakou U.A., Yu Ch. Using Machine Learning for Recognition of Alzheimer’s Disease Based on Transcription Information. Doklady BGUIR. 2023;21(6):106-112.

[6] Luz S, Haider F, de la Fuente S, et al. Alzheimer's dementia recognition through spontaneous speech: The ADReSS challenge[J]. arXiv preprint arXiv:2004.06833, 2020.

Авторский вклад

Вишняков Владимир Анатольевич – разработал концепцию, предоставил структуру доклада, проверил результаты эксперимента и оформил текст.

Чуйэ Юй – выполнила программную разработку системы, провела эксперименты в соответствии с структурой алгоритма.

DATA PROCESSING IN THE NETWORK FOR THE DIAGNOSIS OF ALZHEIMER'S DISEASE

Vishniakou U.A.
Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Infocommunication Technologies, BSUIR.

Yu C.Y.
PhD student in the Department of infocommunication technologies at BSUIR.

Abstract. The report is devoted to the process of presenting and processing audio data for the diagnosis of Alzheimer's disease (AD). The structure of the Internet of Things network for the diagnosis of Alzheimer's disease, its main components and stages of work are presented. Based on the results of experiments, the data are described, presented and processed.

Keywords: machine learning, AD data processing, IoT network of IT-diagnostics.

УДК 004.65:004.738.5:005.7

BIG DATA TECHNOLOGIES IN BUSINESS PROCESS AUTOMATION

M.Ya. Mansurova
Associate professor of
Department of
«Convergence of digital technologies» TUIT, PhD
m.ya.mansurova@gmail.com

M.Ya. Mansurova

She graduated from the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi. Associate professor of the Department of " Convergence of digital technologies " of TUIT. PhD. Conducts research on algorithms and adaptive models of an extensive multiparametric e-business management system.

Abstract. Big data is a set of vast useful information that cannot be read by standard computational structures. Big data is not just data, it has become an entire field that includes a set of tools, contexts and structures. It uses complex data sets to choose direction, course, and conduct direct management within organizations. By refining and performing computations, important structures can be derived that are necessary to accurately and deeply understand the findings through the exploration of organizational data. In this study, we have examined the features of Big Data technologies in business process automation. And also analyzed the peculiarities of applying Big Data technologies in the process of automating technological and business processes in the enterprise.

Key words: business process, automatization, big data, e-commerce, e-business.

Introduction. Big Data is becoming an important component of modern business, offering advantages in decision making, process optimization and innovation. Big Data is a term that plays an important role in modern business. It is a technology that allows collecting, storing and analyzing huge amounts of data. Initially, it was introduced to describe data that was too big and complex to process using traditional methods. In today's business, Big Data is used to generate useful information and strategic actions. Big Data offers many benefits to businesses. First, it allows organizations to make more informed decisions. For example, a company can use Big Data to analyze customer behavior to improve its products or services. Second, Big Data helps in optimizing business processes. Companies can use this data to identify problems in processes and fix them. Finally, Big Data promotes innovation. By analyzing the data, companies can identify new opportunities and trends, which helps in business development.

Today, data is one of the most important components of society and every individual's life. The modern stage of society development is characterized by a constant increase in the volume of data. Data comes from many different sources, such as data from GPS navigators, satellites,

Internet queries, social networks, data from IoT (Internet of Things). The structure and composition of this data is often undefined.

Big Data (big data) has the following properties: huge size, heterogeneity and disorderedness, requires fast processing. Big Data technologies are a set of tools, approaches and methods for processing both structured and unstructured data of huge size for further use.

Major Big Data technologies and tools include:

– Hadoop & MapReduce;
– NoSQL databases;
– Advanced analytics (statistics, predictive analytics and Data Mining, linguistic text processing);
– Data Discovery class tools.

The practical implementation of Big Data technologies is modern neural networks and systems derived from them, such as pattern recognition systems, simulation modeling, machine learning, and predictive analytics. Big Data technologies are widely used in the banking sector, telecommunications, industry, healthcare, energy, insurance and trade. Big industry has been collecting huge amounts of data for many years to improve product quality and production efficiency.

Analysis of Big Data technology application in automatization of business processes.

Technologically, the functioning of a highly automated (including extensive use of industrial robotics) digital enterprise is summarized as follows. With the help of Internet of Things technologies, huge amounts of information are collected in physical space and sent to cyberspace, where they are analyzed with the help of artificial intelligence. The results of this analysis are returned back to the physical dimension, and here management decisions are made on their basis.

Big Data technologies make it possible to automate technological and business processes, which leads to an increase in the speed of business response to external and internal disturbances. The economic effect is achieved by increasing the transparency of processes, improving the quality of planning, implementing widespread management by deviations (or goals), increasing the efficiency of determining the causes of deviations, constant normalization and standardization of best practices. The implementation of Big Data has a very specific goal - the realization of a dynamic business management model that ensures a rapid business response to external and internal perturbations. If perturbations occur in the system, be it instability in sales, variations in production, deviations in supply, the adaptive business management model allows the business to quickly «reconfigure» in accordance with the best strategy, which provides it with a cardinal increase in competitiveness. Moreover, the adaptive business management model uses instabilities, variations, deviations to continuously improve the structure and parameters of the business.

The general scheme of application of Big Data technologies in the process of automation of technological and business processes at the enterprise is shown in the figure 1.

Manufacturers install sensors on key parts of equipment to collect information in real time. The received and processed data are sent to all departments of the enterprise to ensure interaction between structural units and make appropriate management decisions.

This information can be used to improve service (downtime prevention, equipment breakdowns), to create targeted marketing offers.

Continuous monitoring of key indicators makes it possible to identify problems and take the necessary measures to solve them. Modern systems make it possible to monitor the technological process and identify factors affecting it using any Web browser. Such solutions make it possible to turn production data into information necessary for effective enterprise management.

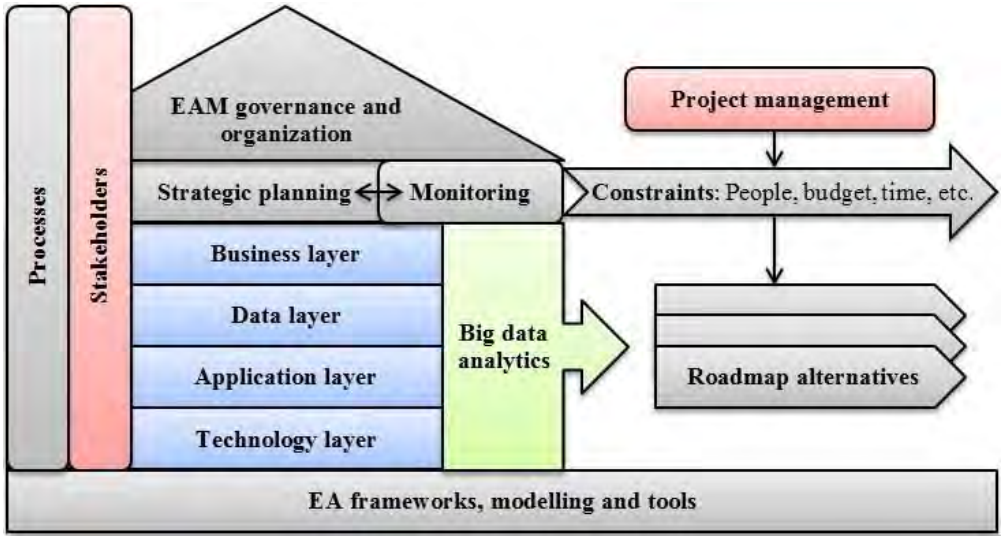


Figure 1. Big Data technologies in the process of automation of business processes

The following can be named as the main stages of Big Data technologies implementation in the automation of technological and business processes:

Data extraction from sources (most of the data is generated at the level of sensors, ACS, MES, ERP). Data storage (appropriate data storage independent of production servers. Data processing (normalization of data so that «agile analytics» tools, statistical control and analysis, numerical modeling can be applied later).

Data analytics. "Flexible analytics" allows you to easily and quickly organize client-oriented analytics for yourself with the help of wizards. That is, any trained employee customizes for himself the reporting he needs for his work: reports, graphs, histograms, regressions, Schuchart maps. Thus, the efficiency of data analysis in business is dramatically increased.

Big Data technologies as a key component of the Industrial Internet of Things are already widely used in many enterprises, allowing workers to improve their existing skills and the enterprise to function more efficiently.

The use of Big Data in business can be diverse. For example, retailers can use Big Data to analyze customer behavior and optimize assortments. Manufacturers can use Big Data to monitor production processes and prevent failures. Banks and insurance companies can use Big Data to assess risks and make decisions about loans or insurance policies.

The application of Big Data has a number of problems. The main one is the cost of data processing, which includes expensive equipment and the cost of salaries for qualified specialists capable of handling huge amounts of information. The second problem is bias. If a study provides not 2-3, but numerous results, it is very difficult to remain objective and select from the general data flow only those that will have a real impact on the state of a phenomenon. The third problem is the protection of Big Data. Methodologies for the protection of information systems of classical three-tier architecture are not applicable to new technologies. There is a need to create and train a new class of Big Data security specialists.

Conclusion. In conclusion, Big Data is a powerful tool that can help businesses become more competitive. It enables companies to make more informed decisions, optimize business processes and foster innovation.

Big Data technologies are now quite a working set of technologies used in almost all spheres of human activity and with great potential for further development.

The implementation of Big Data technologies requires not only technical support, but also organizational support. The first implies organization of data extraction, data warehouse, unified

workstations for analysis, digital modeling, optimization and forecasting. The second direction will require the formation of appropriate qualifications in the Big Data business. Specialists with new qualifications of «data engineers», «data scientist» for modeling, optimization and forecasting are needed. In addition, Big Data training of technologists, planners, managers from business will be required.

References

[1] Tsyrelchuk, I. N. Optimization of business processes via Big Data / I. N. Tsyrelchuk, N. M. Mamatova, M. Y. Abdul-Azalova // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 1 / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2020. – С. 96–104..

[2] Yashnarovna, A. A. M. Issues of Creating an Intelligent Automated Business Process Management System. European Multidisciplinary. Journal of Modern Science, 4, 691-697.

[3] Mansurova, M. Ya. "Some issues of Big Data application in modeling business processes of e-business systems." (2023).

[4] D Muhamediyeva, M Abdul-Azalova Evaluation Of The Efficiency Of The Business Processes Of The Enterprise. Scientific Collection «InterConf», 2022.

author's contribution

Mansurova Makhina Yashnarovna – examined the features of Big Data technologies in business process automation, analyzed the peculiarities of applying Big Data technologies in the process of automating technological and business processes in the enterprise.

ТЕХНОЛОГИИ BIG DATA В АВТОМАТИЗАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ

М. Я. Мансурова
Доцент кафедры
«Конвергенция цифровых
технологий» ТУИТ, PhD

Аннотация. Большие данные – набор огромной полезной информации, которая не может быть прочитана с помощью стандартных вычислительных структур. Большие данные – это не только данные, они уже стали целой областью, которая включает набор инструментов, контекстов и структур. Она использует сложные наборы данных для выбора направления, курса и проведения непосредственного управления внутри организаций. С помощью усовершенствования и выполнения вычислений могут быть получены важные структуры, необходимые для точного и глубокого понимания полученных результатов через исследование данных организации. В этом исследовании мы изучили особенности применения технологий Больших данных в автоматизации бизнес процессов. А также проанализированы особенности применения технологий Big Data в процессе автоматизации технологических и бизнес – процессов на предприятии.

Ключевые слова: бизнес-процесс, автоматизация, большие данные, электронная торговля, электронный бизнес.

UDC 519.252: 519.256

CAN BIG DATA AND ADVANCED ANALYTICS ADDRESS PROBLEMS OF ETHICAL, PRIVACY, AND EQUITY CONCERNS IN UNIVERSITY EDUCATION?

B.A. Al-Nami
Assistant Professor Department of Informatics and Computer Design, SPBSUT, Ph.D. (in technical sciences), alnomibasheer@gmail.com

B.A. Al-Nami
Graduated from Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI".Research interests are connected with Designing of virtual means of information technologies, 3d polygonal modeling and Ergonomics, standardization and design (usability) of software products ,Web-projecting and design, informatics and computer design, Visual interface design of digital products, Information Technologies, Information Technologies of data visualization and research processes in The Bonch-Bruevich Saint Petersburg State University of Telecommunications.

Abstract. In recent years, the adoption of big data and advanced analytics in various industries has revolutionized decision-making processes and yielded significant outcomes. Universities, too, have begun to harness the power of data analytics to enhance educational experiences and student success rates. However, as data-driven practices become more prominent, concerns regarding ethical considerations, privacy, and equity arise. This article explores the potential of big data and advanced analytics in addressing these concerns within university education.

Key words: Big Data, educational data mining, digitalization of education, Analytics, Education, University Education.

Introduction. The role of big data and analytics is becoming increasingly significant in shaping the educational landscape of universities. As higher education shifts away from conventional teaching and learning models, the advent of data analytics is redefining schools' strategic decision-making, advancing learning outcomes, and refining administrative tasks. This discussion explores how these technologies are molding the future of collegiate learning environments.

Data analytics has been adopted by universities looking to improve administrative functions. It plays a decisive role in streamlining activities such as managing admissions and efficiently distributing resources, leading to cost reduction and better operational efficiency. Predictive analytics is employed to forecast trends in student enrollments, facilitating proactive planning in course availability and resources, thus averting potential logjams and promoting a smooth educational journey.

Personalized educational experiences are made possible through the interpretation of student data, allowing instructors to customize teaching approaches that suit diverse learning preferences. This individualization increases understanding and student participation. Learning analytics are applied in evaluating student achievements, pinpoint shooting learners who may need additional help, and intervening at the right moment, significantly improving learning experiences and scholastic successes.

Moreover, big data is a boon for path-breaking research by offering access to large-scale data sets, enabling researchers to investigate intricate correlations, discern patterns, and extract important insights. Such analysis is instrumental in driving innovation across many academic fields. Advanced analytics propel collaborative research by uniting investigators, enhancing data exchange, and fostering cross-disciplinary initiatives, thus speeding up the research progress and supporting the spread of knowledge.

Educational analytics tools are employed to conceive warning systems that spotlight students who might confront academic difficulties or consider withdrawing. Interventions like study support, counseling, or mentorship are pivotal to bolstering student retention rates. Data analytics also serve in harmonizing academic programs with professional trajectories by evaluating labor market patterns and sector demands, thus refining career counseling services and preparing students effectively for employment [1].

Nevertheless, the wide-ranging utilization of student information prompts privacy and ethical issues. Universities are tasked with ensuring adherence to data protection laws and the security of personal data. While the potential for analytics to personalize education is evident, it carries the risk of amplifying existing educational disparities. To evade the creation of a digital chasm, it is essential to ensure all students have equal access to technological and academic resources.

Identification and Framing of Ethical, Privacy, and Equity Challenges in University Education. As universities increasingly utilize big data and analytics to refine educational processes, it is crucial to thoughtfully consider the ethical dilemmas, privacy concerns, and potential unequal effects that emerge in this advancing technological context. This segment outlines and contextualizes principal apprehensions, illuminating the intricate ethical considerations, privacy implications, and possible fairness issues that must be carefully maneuvered in advancing data-centric educational methods.

Key Considerations:

1 Balancing data-gathering objectives with the ethical necessity to secure informed consent from students and pertinent parties.

2 Guaranteeing that individuals comprehend how their data is employed, coupled with providing them with the capability to decline participation.

3 Preserving openness in analytical applications, ensuring parties are cognizant of the objectives, methodologies, and prospective repercussions of data-influenced choices.

4 Confronting inherent biases within algorithms and decision-making frameworks that could inadvertently reinforce pre-existing disparities, and pushing for impartiality within analytic techniques to avert discriminative results.

5 Defending student data against unauthorized acquisition or security breaches by enacting stringent data protection protocols for safeguarding sensitive details like academic performance, attendance, and personal identification information.

6 Balancing the objective of performing in-depth analyses with safeguarding personal privacy by employing anonymization and de-identification tactics.

7 Alleviating issues regarding student categorization and observation, confirming that data analysis benefits educational growth instead of leading to unwarranted scrutiny.

8 Acknowledging the technological gap, making certain that every student has equal access to the technological assets essential for a data-oriented education, and closing infrastructural and technology availability gaps to avoid unequal opportunities.

9 Addressing the potential risk of algorithms intensifying or maintaining pre-existing imbalances, ensuring analytical models are conscious of and address existing biases to provide equitable chances for all students.

10 Stepping through challenges linked to the even-handed allocation of educational resources informed by data insights, evading situations where some student groups might gain or lose disproportionately.

11 Realizing that ethical, privacy, and equality issues often coalesce and have reciprocal effects – for example, unequal resource distribution may lead to biased datasets and threaten privacy.

12 Recognizing the evolving nature of ethical, privacy, and equality challenges as they progress with technological advancements, advocating for continuous review and revision of policies to tackle new issues.

13 Highlighting the crucial role of educational bodies in taking the initiative to overcome these hurdles. Institutions should integrate setting of ethical parameters, robust privacy measures, and the drive for fairness as part of their foundational goals.

Historical Context of Data Utilization in Education:

The use of data within educational settings has morphed from simple record-keeping to the present-day's intricate data analytics, integral in contemporary higher education. Grasping this progress is vital to understand the revolutionary influence of data-guided decision-making upon pedagogy, student development, and school management. This historical perspective lays ground for an enriched understanding of the current situation and the innate ethical, privacy, and fairness challenges of educational data analysis.

Present-day Big Data and Analytics in Higher Education:

Today's state of big data and analytics in higher education marks a significant evolution in institutional functionality and educational delivery. With this change comes opportunities for augmented decision-making and student achievement as well as hurdles related to privacy, safety, and necessitating a cultural paradigm shift in academic environments. Recognizing this shifting terrain is key to devising strategies for responsible and principled data use within the sphere of higher education.

The Ethical, Privacy, and Equity Challenges in Educational Data Analytics [2]:

The ethical, privacy, and equity implications embedded in educational data analytics constitute a sophisticated matrix demanding diligent contemplation. As educational institutions utilize data's potential to ameliorate education, it is of utmost importance to build and abide by moral frameworks, enforce stringent privacy protocols, and assure that decision-making influenced by data fosters inclusivity rather than intensifying inequities. Confronting these challenges is essential to nurture a ethical and inclusive data culture in higher learning institutions.

Ethical Considerations.

Importance of Informed Consent in Educational Data Analytics and Its Implementation. In educational data analytics, the role of informed consent is paramount for ethical data handling. It honors individuals' control over their personal data and upholds principles like transparency and fairness. By clearly explaining data usage, educational institutions respect and protect the autonomy of their community members, ranging from students to faculty.

Transparent disclosure about data collection's purpose and impact is not only a foundational aspect of trust but also a matter of legal compliance with regulations like GDPR and FERPA. Ensuring informed consent can prevent legal issues and misuse of information, reinforcing the institution's dedication to ethical practices.

To achieve this, institutions must:

Articulate the intent, extent, and consequences of data handling in clear, easily digestible terms., Offer clear choices to individuals regarding their data, with straightforward options to consent or withdraw., Recognize consent as an evolving agreement, keeping the community updated on changes and allowing for adjustments to their consent choices., Balance thorough

information with clarity to avoid overwhelming stakeholders, modifying consent methods for the diverse academic community.

Transparency in Educational Data Analytics: Necessity and Implementation. Transparency in data practices, especially in educational analytics, is crucial for maintaining ethical standards. It underpins stakeholder trust, including students, faculty, and parents, ensuring confidence that data is managed with integrity. When data practices are transparent, an institution's reputation for ethical and responsible data use is bolstered.

It's essential to explain clearly the reasons for data collection and its role in improving educational outcomes, preventing misunderstandings and ensuring everyone is an informed participant. Transparency also enables stakeholders to make knowledgeable decisions regarding their data interaction, aligning with the principles of informed consent.

Open dissemination of how privacy is protected increases support for data initiatives. It also provides proof of an institution's ethical commitment, alleviating worries about potential data misuse. Further, transparent operations enable accountability for an institution's actions, encouraging responsible conduct [3].

Accessible communication regarding data practices is vital, and using clear, non-technical language facilitates broader understanding. Establishing feedback channels is also key, promoting an environment of open dialogue. Despite the challenges in explaining complex data analytics, it's important to articulate these matters clearly and to keep the community updated as practices evolve.

The Role of Stakeholders (Students, Educators, administrators, course developers) in Ethical Data Practices. Ethical data management in educational environments demands the involvement and cooperation of all participants.

Students should advocate for transparency by understanding and querying how their data is used, reinforcing their consent rights. Becoming data literate enables them to handle their data responsibly. Educators play a pivotal role by embedding data ethics into their teaching and setting an example of ethical practice, which helps in cultivating a responsible data culture.

Educational institutions need to define and adhere to ethical data guidelines consistent with legal and ethical norms. This requires establishing solid data governance, involving data oversight roles, ethics committees, and adherence to privacy laws, while also incorporating stakeholder feedback into policy-making, ensuring fairness and inclusion.

Open dialogue on data policies and objectives, alongside feedback mechanisms, is essential for transparency and trust-building. Continuous professional development for educators in data ethics and consent, privacy considerations, and ethical teaching methods is crucial. Similarly, student workshops on data ethics are vital for fostering a conscientious data engage in the education ecosystem
(figure 1).

Institutions must balance educational ambitions with ethical data handling, prioritizing student and educator welfare and rights. Cultivating an ethical data culture might necessitate a shift within institutions, where a unified commitment to ethical standards is essential for sustained practice.

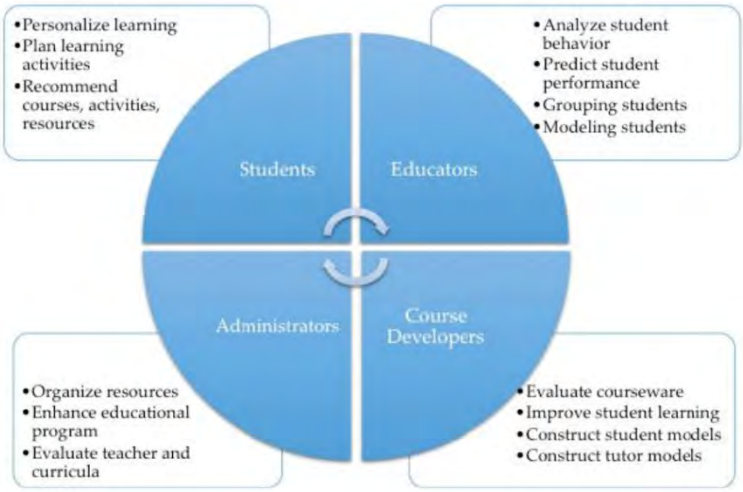


Figure 1. Big data scopes for four users in higher education

Methods for Safeguarding Individual Privacy in Educational Datasets.

Educational institutions are increasingly relying on data, making it critical to protect individuals' privacy within this context. This research delves into potent ways to ensure this privacy.

By removing personally identifiable details such as names and IDs, anonymization makes it impossible to trace data back to individuals. Aggregating this anonymized data, like grouping ages, maintains its utility while protecting identities.

Pseudonymization replaces personal identifiers with unique codes, preserving the ability to analyze data sets without revealing who's who. It can be reversed, unlike anonymization, allowing detailed study when needed [4].

Differential privacy secures individual privacy by adding noise to the data, which obscures individual input but keeps over-arching patterns intact, ensuring that one person's data doesn't overly influence analysis results.

When data is in transit, SSL/TLS encryption keeps it hidden from prying eyes, and encryption of stored data thwarts unauthorized access, providing an additional security barrier. Role-Based Access Control (RBAC) tailors data access precisely, giving people only the information needed for their role and guarding against breaches.

Data masking and redaction shield personal details like social security numbers and other identifiable information in circulated reports. Data sharing agreements set strict

Analyzing Concerns Related to Student Profiling and Surveillance in Educational Data Analytics.

The use of educational data analytics for student profiling and monitoring presents pressing ethical and privacy issues. This scrutiny treads into private territories, capturing an array of student behaviors and risks infringing on personal boundaries. Algorithms for profiling may unintentionally embed bias, exacerbating inequality and discrimination, potentially anchoring students in predetermined roles steeped in bias and stereotype. Such constant oversight can inflict stress and inhibit unconventionality and experimentation among students, fearing repercussions for non-conformity.

The accumulation of sensitive data raises the stakes for security breaches, with dire implications for students' privacy and safety. Moreover, opaque algorithms obscure the decision-making process, impeding accountability and transparency. The awareness of being monitored might curtail students' freedom, stifling diverse thinking and reinforcing a culture of

conformity that can further widen gaps in equity. In implementing these systems, educational bodies must navigate intricate legalities and ethical dilemmas, ensuring they align with regulations like FERPA and GDPR and considering the trade-offs between perceived benefits and individual rights. Poor communication about these surveillance tactics can breed distrust in the student, parental, and broader community, emphasizing the need for transparency to sustain communal trust.

Examination of Laws and Regulations Governing Educational Data Privacy in Russia.

Russia has enacted several laws and regulations related to data privacy, but it's essential to note that legal landscapes can change. Federal Law No. 152-FZ « Personal Data» This law, often referred to as the «Personal Data Law», is a fundamental piece of legislation governing the processing of personal data in Russia, including data related to education. The law outlines principles for processing personal data, requirements for data controllers, and the rights of data subjects. Educational institutions processing personal data are subject to compliance with these regulations. Federal Law No. 273-FZ «On Education in the Russian Federation». This law focuses on general provisions related to education in Russia, and while it may not specifically address data privacy, it sets the broader context for educational activities. The law outlines the structure of the education system, rights and responsibilities of educational institutions, and the principles of educational activities. Data privacy considerations are often implied within the broader framework of educational operations. Russia has introduced data localization requirements that impact how personal data, including educational data, is processed and stored. The law mandates that the databases containing personal data of Russian citizens should be located within the territory of the Russian Federation. This requirement may affect how international educational institutions handle data of Russian students [5]. Government Regulation No. 687 «On the Requirements for the Protection of Personal Data during Its Processing in Personal Data Information Systems» (Data Protection Regulation) This regulation provides more detailed rules on the protection of personal data, including in information systems used by educational institutions. The regulation sets requirements for the protection of personal data during processing and outlines measures that organizations, including educational institutions, should implement to ensure data security. While there may not be a specific law exclusively dedicated to educational data privacy, various regulations, guidelines, and standards may impact how educational institutions handle data. Educational institutions should stay informed about sector-specific guidance that may come from education authorities or regulatory bodies, ensuring alignment with broader data protection laws. Russia may be a party to international agreements or conventions that have implications for data privacy in the educational context.

International agreements, particularly those related to data protection and privacy, may influence how educational data is handled, especially in cases involving cross-border data transfers.

Strategies for Leveraging Analytics to Reduce Disparities in Academic Achievements. Using educational analytics effectively helps to identify and tackle academic achievement gaps. Schools can adopt specific, data-informed tactics to support fair educational opportunities. By analyzing academic data – including demographics, economic background, and learning preferences – schools can set up early warning systems that pinpoint students needing immediate support, enabling proactive measures.

Adaptive learning systems fine-tune content to meet unique student needs, while analytics models suggest custom learning paths tailored to individual abilities and progress rates. Predictive analytics are utilized to earmark students for extra support or specialized programs. Interventions are then customized to overcome particular obstacles, such as language barriers or financial limitations.

Moreover, analytics are applied to ensure resources are fairly distributed, guiding budget decisions to address achievement gaps. Tools also evaluate the cultural appropriateness of educational content and pinpoint where teachers might need training in culturally aware instruction.

Educators, administrators, and parents can monitor student progress through instant access to performance dashboards, while data meetings allow for strategy adjustments based on observed trends. Platforms for seamless communication encourage parental engagement, and data aids in selecting candidates for mentorship and fostering peer-learning setups.

Regular equity audits assess strategy effectiveness, driving necessary amendments for enhanced results. Professional Learning Communities (PLCs) are instrumental in sharing insights and data-led teaching solutions, honing in on collaborative methods to minimize academic disparities.

Examples of universities effectively using big data while addressing ethical concerns.

These examples highlight how universities are actively working to harness the benefits of big data while respecting ethical principles, privacy, and transparency. It's important to note that ethical considerations are an ongoing focus, and universities continue to evolve their approaches in response to emerging challenges and societal expectations.

Stanford launched the «Stanford 2025» initiative, utilizing big data to personalize education and improve student outcomes. Stanford emphasized transparency, student consent, and the protection of privacy. They developed algorithms that adapt to individual learning styles while allowing students control over their data.

The University of Michigan formed a Learning Analytics Task Force to explore the ethical use of big data in improving teaching and learning. The task force emphasized responsible data stewardship, transparency, and the importance of maintaining trust. They developed guidelines for the ethical use of learning analytics.

The University of Amsterdam implemented a personalized feedback system using big data analytics to enhance student learning experiences. The university prioritized transparency and provided students with clear explanations of how their data would be used. They also incorporated mechanisms for obtaining student consent.

Carnegie Mellon's Simon Initiative uses big data to improve educational outcomes through data-informed decision-making. The initiative emphasizes transparency, privacy protection, and responsible data use. They incorporate privacy controls, data anonymization, and informed consent mechanisms.

The University of Edinburgh hosts an annual Data Fest, where students and researchers collaborate on projects using big data to address societal challenges. The university promotes responsible data use by encouraging participants to consider ethical implications in their projects. They emphasize the importance of obtaining consent and respecting privacy.

Harvard's Data Privacy Lab focuses on researching and addressing privacy concerns in the era of big data analytics. The lab actively engages in research and advocacy for privacy rights. Their work includes developing tools and policies to protect individuals' privacy in the age of data analytics.

BIDS at UC Berkeley fosters interdisciplinary collaboration in data science research. BIDS incorporates ethical considerations into its research practices, emphasizing transparency, openness, and the responsible use of data. They engage in discussions about the ethical implications of data science.

MIT has undertaken research projects focusing on the privacy implications of big data analytics. Researchers at MIT investigate and propose solutions to privacy challenges associated with big data. They contribute to the development of privacy-preserving technologies and advocate for ethical practices in data analytics. Skoltech is a private graduate research university in Moscow that focuses on science and technology. While specific big data initiatives may not be

extensively documented, institutions like Skoltech are likely to incorporate ethical considerations into their research practices. Universities in Russia, including Skoltech, are expected to adhere to national and international data protection and privacy regulations. HSE is one of the leading research universities in Russia with a focus on economics, social sciences, and humanities. Institutions like HSE are likely to address ethical concerns related to big data use in research and education. This includes considerations of data privacy, transparency, and informed consent when dealing with large datasets. Russian universities, as part of broader academic and research communities, may be involved in developing data governance policies. Efforts to establish guidelines and policies for the responsible use of big data would likely include considerations of ethical practices, protection of privacy, and adherence to relevant laws and regulations. Russian universities often collaborate with international institutions on research projects that involve big data analytics. Collaborations with international partners may bring about a focus on aligning with international standards for ethical data use and privacy protection [6].

The Russian government has expressed interest in developing digital technologies and big data analytics. Government initiatives would likely include considerations for ethical use of data, especially as they pertain to citizens' privacy and the responsible implementation of data-driven technologies.

Instances where institutions faced challenges in maintaining ethical standards. Instances where institutions faced challenges in maintaining ethical standards are diverse and can occur across various sectors, including education, business, healthcare, and research. Ethical challenges often emerge due to a variety of factors such as organizational culture, pressure for results, lack of oversight, or evolving technologies.

The college admissions scandal involved wealthy parents bribing college officials to secure spots for their children in prestigious universities. The scandal revealed issues of privilege, unequal access to educational opportunities, and a lack of fairness in the college admissions process. It prompted discussions about ethics in higher education.

This example underscore the importance of maintaining ethical standards across various domains. Institutions that face ethical challenges often experience severe consequences, including legal actions, reputational damage, and loss of public trust. In response, many organizations have strengthened their ethical frameworks and governance structures to prevent and address ethical lapses.

Guidelines for universities to develop robust ethical and privacy policies. Developing robust ethical and privacy policies is crucial for universities to ensure responsible data practices, protect individuals' privacy, and maintain trust within their communities:

1 Clearly articulate the fundamental ethical principles and values that guide the university, emphasizing integrity, respect, transparency, and a commitment to fairness and equity.

2 Ensure that policies align with national and international laws and regulations governing data protection and privacy, such as Federal Law No. 152-FZ «On Personal Data» and amendments to the Personal Data Law (2015), Federal Law No. 149-FZ «On Information, Information Technologies and Protection of Information», or other relevant legislation depending on the country.

3 Clearly define the scope of the policies, specifying the types of data covered, the entities to which the policies apply (e.g., students, faculty, staff), and the contexts in which the policies are applicable.

4 Establish procedures for obtaining informed consent from individuals for the collection, processing, and sharing of their data, ensuring transparency about the purpose and scope of data use.

5 Implement a data minimization approach, collecting and retaining only the necessary data for the intended purpose, reducing the risk of privacy breaches and unauthorized access.

6 Define robust security measures for protecting data, including encryption, access controls, and regular security audits, to safeguard against data breaches and unauthorized access.

7 Clearly outline the ownership of data and establish guidelines for who has access to different types of data, ensuring that access is granted only on a need-to-know basis.

8 Promote transparency by clearly communicating the university's data practices to stakeholders. Provide accessible and understandable information about data processing activities.

9 Establish protocols for ensuring the accuracy and quality of data, including mechanisms for individuals to update their information and correct inaccuracies.

10 Develop specific policies for handling sensitive data (e.g., health records, biometrics) with additional safeguards and heightened security measures.

11 Specify the duration for which data will be retained and establish procedures for the secure and timely deletion of data that is no longer needed for its original purpose.

12 Provide regular training to staff, faculty, and students on ethical data practices, privacy policies, and the importance of adhering to established guidelines.

13 Establish ethics review boards or committees to review and approve research projects involving human subjects, ensuring compliance with ethical standards and privacy regulations.

14 Develop a comprehensive incident response plan to address potential data breaches, including procedures for notifying affected individuals, authorities, and mitigating risks.

15 Regularly evaluate the effectiveness of ethical and privacy policies, seeking feedback from stakeholders, and making necessary adjustments to address emerging challenges and technological advancements.

16 Clearly outline mechanisms for enforcing policies and holding individuals accountable for violations, including disciplinary measures and consequences for non-compliance.

17 Involve key stakeholders, including legal experts, privacy advocates, and representatives from diverse university departments, in the development and review of ethical and privacy policies.

18 Emphasize the university's commitment to public accountability by regularly reporting on its data practices, privacy initiatives, and any updates or changes to policies [7].

19 Schedule regular reviews and updates of ethical and privacy policies to ensure alignment with evolving legal standards, technological advancements, and institutional changes. By following these guidelines, universities can establish a robust framework for ethical and privacy policies that not only comply with legal requirements but also foster a culture of trust, transparency, and responsible data use within the academic community.

The inclusion of data ethics in educational curricula.

Integrating data ethics into education is essential for equipping students with the knowledge to use data responsibly across various disciplines. Incorporating principles like privacy, fairness, and accountability, curricula should: Provide a clear definition of data ethics, Encapsulate ethical data use in diverse fields from technology to healthcare, Cover ethical research practices, including informed consent and addressing biases, Teach responsible data management, emphasizing privacy and data integrity, Use practical examples to highlight ethical challenges and foster critical thinking, Address digital privacy and security concerns, including encryption and sensitive information protection, Discuss the impact and mitigation of bias in data and algorithms for just outcomes, Inform about data protection laws and legal responsibilities in data handling, Promote interdisciplinary projects that reflect real-world ethical application, Encourage critical thinking through ethical dilemmas in data use, Prepare students for professional ethical challenges and encourage maintaining ethical standards in their careers, Develop leadership that values ethical decision-making in data practices, Emphasize the evolving nature of data ethics and the need for ongoing education, Explore ethical aspects of emerging technologies like AI and biotechnology, Include a global perspective on data ethics, recognizing cultural and ethical diversity.

This comprehensive ethical foundation in education prepares students to be proficient and principled in their future careers, ensuring they value and enact responsible data practices for societal benefit.

The collaborative efforts among institutions, policymakers, and technology providers.

Stress the collective responsibility of institutions, policymakers, and technology companies to foster a tech ecosystem that upholds ethics, privacy, and societal good. Push for the creation and embracement of ethical guidelines shaping tech's lifecycle and advocate for cooperative policy-making to tackle new tech challenges, aligning institutional practices with government regulations and standards. Promote joint education efforts to raise awareness about ethical tech implications amongst everyone from the public to industry leaders. Call for continuous, interdisciplinary discussions to sync up priorities and expertise across sectors and push for collaborative research to inform evidence-based policy development. Argue for international coordination in regulatory approaches, avoiding fragmentation and supporting innovation. Urge the drafting of industry standards with wide-ranging input to ensure broad acceptance. Press for inclusive decision-making, taking into account diverse groups and ensuring various perspectives are heard. Encourage a culture where tech providers consider ethics, transparency, and societal impact. Push for privacy integration into technologies from the start and propose independent evaluations of new tech's societal and ethical impacts. Demand openness and responsibility in tech practices and decisions, and facilitate multi-stakeholder forums for discussion and collaboration. Support public-private partnerships that combine the strengths of both for ethical innovation. Boost initiatives for capacity building through training and educational resources to handle ethical digital challenges. Advocate for regular review and adjustment of collaboration efforts to meet the dynamic changes in tech, and lobby for legislation that reflects ethical standards. Finally, back global governance efforts uniting different actors to set ethical benchmarks for worldwide tech application, looking towards a sustainable, ethically-driven technological future.

The role of upcoming technologies in shaping the future of educational analytics.

Emerging technologies significantly impact the evolution of educational analytics by introducing new methods and innovative tools to improve teaching and learning. Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML) analyze extensive data for tailored student learning experiences. Predictive analytics enable early interventions by identifying at-risk students. AR and VR provide dynamic, interactive dashboards for real-time data analysis, while Internet of Things (IoT) devices gather data on student engagement for instructional optimization. Wearables offer insights into student health and attention for a holistic view of engagement.

Blockchain provides secure credentialing while maintaining educational records' integrity. Natural Language Processing (NLP) offers automated assignment evaluation and assists students via virtual support. Robotic Process Automation (RPA) eases administrative workload, so educators can prioritize teaching and student aid. AR and VR facilitate immersive learning, with VR especially useful for practicing skills in safe, controlled environments [8].

5G technology ensures robust connectivity essential for remote learning and access to online resources. Edge computing processes data locally for faster analytics and fortified privacy. Gamified and immersive learning through extended reality (XR) engages students and offers valuable performance data. Biometric authentication secures online learning, while voice recognition tech streamlines content analysis and aids language learning.

Quantum computing foretells a leap in data processing capabilities, enhancing predictive analytics and pattern recognition. Advanced cybersecurity protects educational data, while smart learning environments adapt to individual progress. Sustainable technology considerations address environmental concerns, and collaborative platforms across institutions allow for shared insights.

The successful integration of these technologies in education depends on stakeholders' collaborative efforts to address ethical, privacy, and equity issues, alongside a commitment to ongoing research and responsible technology deployment.

Conclusion. In conclusion, the integration of big data and advanced analytics in university education holds immense potential for transforming teaching and learning experiences. However, this transformative power comes with ethical, privacy, and equity considerations that demand careful attention from all stakeholders – educators, policymakers, technology providers, and students. The journey through this scientific article has explored the historical context, current landscape, challenges, and potential solutions in the realm of educational analytics.

The historical evolution of data use in educational settings has paved the way for the current era of sophisticated analytics. From traditional record-keeping to contemporary data-driven decision-making, the trajectory reflects a continuous quest for improving educational outcomes.

The current state of big data and analytics in higher education reveals a landscape where data is a driving force in shaping policies, curricula, and student experiences. Institutions are leveraging data to enhance efficiency, personalize learning, and make informed decisions, contributing to the evolution of the educational ecosystem.

However, this data-driven paradigm is not without its challenges. Ethical, privacy, and equity concerns have emerged as critical considerations. The identification and framing of these challenges underscore the need for proactive measures to ensure responsible data practices.

This article has proposed a range of solutions, including the importance of informed consent, transparent data collection, and the role of stakeholders in fostering ethical data practices. Strategies for protecting privacy, complying with regulations, and leveraging analytics to reduce disparities in academic achievements have been explored.

Acknowledging the global nature of these challenges, the examination of laws and regulations governing educational data privacy in Russia provides insight into the diversity of approaches and the importance of a global dialogue on ethical standards.

The impact of emerging technologies, from AI and machine learning to blockchain and 5G, has been discussed in shaping the future of educational analytics. These technologies offer immense potential for personalized learning, enhanced data security, and immersive educational experiences. However, careful consideration of their ethical implications is paramount.

Throughout the discourse, the importance of collaborative efforts among institutions, policymakers, and technology providers has been emphasized. Advocating for shared responsibility, ethical frameworks, and inclusive decision-making processes is critical for navigating the complex intersection of technology and education.

In the final analysis, the conclusion underscores the ongoing need for continued research, adaptive policy development, and heightened ethical awareness. As technology evolves and educational analytics become more sophisticated, stakeholders must remain vigilant in addressing ethical challenges, safeguarding privacy, and promoting equitable access to educational opportunities.

This scientific article has illuminated the path forward a path that values innovation but places ethical considerations at its core. By advocating for responsible data practices, informed decision-making, and a commitment to inclusivity, the educational landscape can evolve sustainably, ensuring that the benefits of big data and analytics are equitably distributed and contribute to the betterment of education worldwide.

In the dynamic intersection of technology and education, the journey is ongoing. By fostering a culture of collaboration, ethical consciousness, and continuous improvement, the educational community can navigate the challenges of big data and analytics, steering toward a future where technology enhances education in a responsible and inclusive manner.

References

[1] Vilkova KA, Zakharova US. Learning analytics in conventional education: its role and outcomes. University Management: Practice and Analysis, 2020.- №24(3). pp. 59-76.

[2] Wilson A, Watson C, Thompson TL, Drew V, Doyle S. Learning analytics: challenges and limitations. Teaching in Higher Education, 2017.-№22(8). Pp. 991-1007.

[3] Baranova EV, Shvetsov GV. Methods and tools for analysing students' digital footprint in the course of work under educational programmes. Perspectives of Science and Education, 2021.-№(2). Pp. 415-430. (In Russ.) http://doi.org/10.32744/pse.202L2.29

[4] Wong BT, Li KC. A review of learning analytics intervention in higher education (2011-2018). Journal of Computers in Education, 2020.-№7(1). pp. 7-28.

[5] Sai YS, Rates D, Moreno-Marcos PM, Muñoz-Merino PJ, Jivet I, Scheffel M, Gasevic D. Learning analytics in European higher education - trends and barriers. Computers & Education,2020.-№155. http://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103933

[6] Kustitskaya TA, Noskov MV. Leaming analytics in Russia and abroad: level of development, trends and prospects. RUDN Journal of Informatization in Education, 2023.- №20(2). Pp. 150-158.

[7] Wang, Q., & Li, Y. 2015. Advancements in Learning Analytics: A Case Study of Russian Universities. Educational Sciences, 2023. -№ 20(3). Pp. 78-94.

[8] R. Bhatia, N.K. Bhasin. A study of the new role of blockchain in the Indian education system. International Journal of e-Collaboration, 2023.- №19 (1). Pp.1–19.

Авторский вклад

Аль-Нами Башер Али – Окончил Санкт-Петербургский электротехнический университет «ЛЭТИ». Научные интересы связаны с проектированием виртуальных средств информационных технологий, 3d полигональным моделированием и эргономикой, стандартизацией и проектированием (юзабилити) программных продуктов, Web-проектированием и дизайном, информатикой и компьютерным дизайном. Визуальное проектирование интерфейсов цифровых продуктов, Информационные технологии, Информационные технологии визуализации данных и исследовательских процессов в Санкт-Петербургском государственном университете Телекоммуникаций им. профессора М. А. Бонч-Бруевича.

МОГУТ ЛИ БОЛЬШИЕ ДАННЫЕ И РАСШИРЕННАЯ АНАЛИТИКА РЕШИТЬ ПРОБЛЕМЫ ЭТИКИ, КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТИ И СПРАВЕДЛИВОСТИ В УНИВЕРСИТЕТСКОМ ОБРАЗОВАНИИ?

Б.А. Аль-Нами
Старший преподаватель
кафедры информатики и
компьютерного дизайна,
СПбГУТ, к.т.н.,

Аннотация. В последние годы внедрение больших данных и передовой аналитики в различных отраслях произвело революцию в процессах принятия решений и принесло значительные результаты. Университеты также начали использовать возможности анализа данных для улучшения образовательного опыта и повышения успеваемости студентов. Однако по мере того, как практики, основанные на данных, становятся все более распространенными, возникают опасения относительно этических соображений, конфиденциальности и справедливости. В этой статье исследуется потенциал больших данных и передовой аналитики в решении этих проблем в рамках университетского образования.

Ключевые слова: Большие данные, интеллектуальный анализ образовательных данных, цифровизация образования, аналитика, образование, университетское образование.

УДК 003.003:031.23

BIG DATA AND ADVANCED ANALYTICS В ОБРАЗОВАНИИ

С.С. Бекназарова
Профессор кафедры телевизионные и медиатехнологии ТУИТ им. М.Хоразмий, доктор технических наук, профессор
saida.beknazarova@gmail.com

С.С. Бекназарова
Окончила Ташкентский университет информационных технологий. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов построения информационно-компьютерных систем, обработкой медиаресурсов: видео, аудио, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Аннотация. В статье рассматривается использование больших данных и продвинутой аналитики в образовании. Автор обсуждают значимость этих технологий для повышения эффективности образовательных процессов и принятия обоснованных решений в образовательных учреждениях. Статья охватывает такие темы, как сбор и анализ данных о студентах, преподавателях и учебных программах, использование алгоритмов машинного обучения для прогнозирования успеха студентов и определения лучших методов преподавания, а также применение аналитики данных для выявления трендов и паттернов в образовательной сфере. Автор подчеркивают, что использование больших данных и продвинутой аналитики позволяет более точно анализировать и понимать процессы, происходящие в образовании, а также прогнозировать результаты обучения. Это может помочь разработчикам учебных программ, администраторам образовательных учреждений и преподавателям принимать более обоснованные решения, опираясь на факты и данные. В заключении статьи отмечается, что использование больших данных и продвинутой аналитики в образовании может привести к качественным изменениям в системе образования, улучшению результатов обучения и персонализации учебного процесса. Однако авторы призывают осторожно подходить к использованию этих технологий, учитывая вопросы приватности и этичности обработки данных студентов.

Ключевые слова: *big data*, *advanced analytics*, оценка качества передачи информации, образовательные системы.

Введение. В современном образовательном процессе стало неотъемлемой частью использование информационных технологий и аналитических методов для анализа больших объемов данных. *Big Data* и передовая аналитика предлагают новые возможности для улучшения качества образования, персонализации обучения и принятия осознанных управленческих решений [1-3].

Big Data – это крупномасштабные объемы данных, которые могут быть использованы для выявления новых знаний, понимания трендов и разработки инновационных подходов. В образовании, объем данных растет с каждым годом, поскольку все больше школ, университетов и других образовательных учреждений используют цифровые технологии для сбора информации о деятельности студентов, преподавателей и администрации.

Применение аналитических методов к *Big Data* в образовании позволяет получить ценные инсайты, которые помогают принимать обоснованные решения. *Advanced Analytics* использует алгоритмы и модели для анализа данных и предсказания будущих событий. Например, аналитика может помочь выявить причины низкой успеваемости студентов и предложить индивидуальные подходы к их обучению.

Образовательные учреждения также могут использовать *Big Data* и аналитику для улучшения управления и планирования. Анализ данных позволяет выявить эффективность программ, прогнозировать спрос на определенные курсы и оптимизировать распределение ресурсов. Это помогает учебным заведениям эффективно использовать свои ресурсы и обеспечивать качественное образование [4-5].

Использование *Big Data* и *advanced analytics* в сфере образования открывает новые возможности для повышения качества образования, персонализации обучения и улучшения управления. Эти технологии позволяют анализировать большие объемы данных и применять аналитические методы для принятия обоснованных решений. Следовательно, внедрение *Big Data* и *advanced analytics* в образование играет важную роль в современной педагогике и управлении образовательными учреждениями.

Основная часть. Использование *big data* (больших данных) охватывает множество областей и секторов. Некоторые из них включают:

Бизнес и маркетинг: *Big data* позволяет компаниям анализировать огромные объемы данных о своих клиентах, продажах, рынках и конкурентах. Он помогает в выявлении трендов, предсказании потребностей клиентов, адаптации маркетинговых стратегий и оптимизации процессов.

Здравоохранение: *Big data* позволяет анализировать информацию о пациентах, их медицинских записях, данных о лекарствах, результаты исследований и т.д. Это помогает улучшить диагностику, предотвратить болезни, оптимизировать лечение и прогнозировать эпидемии [6].

Образование: Улучшение образовательных программ: *Big data* может помочь определить эффективность учебных программ, выявить учебники и материалы, которые наиболее полезны для учащихся, и определить проблемные области, которые нуждаются в улучшении. Анализ данных может также помочь в определении оптимальной схемы распределения учебного времени и ресурсов между разными предметами и активностями

Транспорт и логистика: *Big data* используется для оптимизации маршрутов, расписания, контроля и обслуживания транспорта. Он помогает сократить затраты на топливо, улучшает безопасность, сокращает пробки, улучшает доставку грузов и повышает качество обслуживания клиентов [7].

Финансы: *Big data* используется для прогнозирования рынка, анализа рисков и фродов, оптимизации инвестиций, автоматизации процессов, предоставления персонализированных финансовых услуг и т.д.

Социальная сфера: *Big data* помогает государственным органам и некоммерческим организациям осуществлять мониторинг общественного мнения, прогнозировать социальные проблемы, оптимизировать ресурсы и предоставлять гражданам более эффективные услуги.

Advance analytics, также известный как расширенный анализ данных, в настоящее время широко применяется в различных сферах. Вот некоторые из них:

Маркетинг: *Advance analytics* помогает маркетологам определить предпочтения потребителей, прогнозировать потребительский спрос и разрабатывать эффективные маркетинговые стратегии. Это может включать анализ данных о покупателях, рекламных кампаниях, продажах и т. д.

Финансы: В области финансов *Advance analytics* используется для прогнозирования рыночных трендов, определения рисков и разработки инвестиционных стратегий. Это

может включать анализ финансовых данных, рыночной информации, операционной деятельности и т. д.

Здравоохранение: *Advance analytics* помогает врачам и исследователям анализировать медицинские данные, определять паттерны заболеваемости, прогнозировать эпидемии и улучшать методы диагностики и лечения. Это может быть полезным в области онкологии, генетики, эпидемиологии и других областях медицины [8-9].

Производство: В производственной отрасли *Advance analytics* используется для оптимизации процессов, прогнозирования спроса на продукцию, анализа данных о производстве и т. д. Это может помочь улучшить качество продукции, снизить затраты и повысить эффективность производства.

Телекоммуникации: *Advance analytics* может быть использован для анализа данных о клиентах, прогнозирования спроса на услуги связи, улучшения качества обслуживания и разработки персонализированных предложений для клиентов [10-11].

Big data в образовании относится к использованию больших объемов данных для принятия образовательных решений и улучшения учебного процесса.

Big data в образовании может быть использован для следующих целей:

Представление обучающихся: С помощью анализа больших данных можно получить информацию о студентах, такую как успеваемость, время, затраченное на задания и их стиль обучения. Это позволяет педагогам и администраторам лучше понимать потребности студентов и разрабатывать персонализированные подходы к обучению [12].

Улучшение обучения: Анализ больших данных может помочь выявить эффективные методы обучения и материалы, которые работают лучше всего для определенных групп студентов. Это позволяет преподавателям улучшить свои методы преподавания и создать более эффективные учебные планы. *Big data* может помочь определить эффективность учебных программ, выявить учебники и материалы, которые наиболее полезны для учащихся, и определить проблемные области, которые нуждаются в улучшении. Анализ данных может также помочь в определении оптимальной схемы распределения учебного времени и ресурсов между разными предметами и активностями.

Прогнозирование и предсказание: Большие данные могут быть использованы для прогнозирования успеха студентов и предсказания, где им может потребоваться дополнительная поддержка или вмешательство. Это позволяет принимать меры заранее для предотвращения неудач и повышения успеваемости студентов. Предсказание успеваемости и интервенция на ранних стадиях: *Big data* анализ может помочь предсказать успеваемость учащихся на ранних стадиях и выявить студентов с высоким риском неуспеваемости и дропаута. Благодаря этому можно предпринять своевременные меры и предоставить дополнительную поддержку и ресурсы этим студентам для предотвращения проблем.

Улучшение принятия решений на уровне системы: Анализ больших данных может предоставить ценную информацию для учебных заведений, администраторов и политиков, чтобы они могли принимать основанные на данных решения. Например, данных об успеваемости студентов и их последующей занятости могут быть использованы, чтобы определить, какие программы обучения наилучшим образом подготавливают студентов к реальным рабочим задачам.

Персонализированное обучение: Использование *big data* позволяет собирать информацию о каждом учащемся, его интересах, предпочтениях и уровне успеваемости. На основе анализа этих данных можно создавать персонализированные образовательные программы и материалы для каждого студента, учитывая его индивидуальные потребности и способности [13].

Улучшение системы оценки и тестирования: *Big data* анализ может помочь определить, какие методы оценки и тестирования наиболее точно отражают знания и навыки учащихся. Это позволяет улучшить систему оценки, а также выявить проблемные области, в которых студенты испытывают трудности, и скорректировать учебную программу соответствующим образом.

Прогнозирование требуемых навыков на рынке труда: Анализ *big data* может помочь выявить тренды и потребности на рынке труда, что позволяет определить, какие навыки и знания будут востребованы в будущем. Это позволяет образовательным учреждениям адаптировать программы и предложить студентам образование, соответствующее современным требованиям и тенденциям.

В целом, использование больших данных в образовании может помочь улучшить преподавание, персонализацию обучения и принятие решений на основе данных. Это может привести к улучшению успеваемости студентов и повышению эффективности образовательных систем.

Применение передовых аналитических методов в образовании может иметь ряд преимуществ. Некоторые из них включают:

Персонализация обучения: Применение передовых аналитических методов позволяет создавать индивидуальный план обучения для каждого студента. Анализ данных позволяет выявить индивидуальные потребности, способности и интересы студента, что помогает разработать подходящую стратегию обучения.

Оптимизация учебного процесса: Аналитика может помочь обнаружить слабые места в учебных программах, а также выявить эффективные методы обучения. Можно анализировать данные о выполнении заданий студентами и выявлять области, где они испытывают затруднения, чтобы учителя могли сосредоточиться на понимании этих тем.

Прогнозирование успеха студента: С помощью анализа данных можно прогнозировать успех студента, основываясь на его предыдущей академической производительности, поведении в классе и других параметрах. Это помогает выявить студентов, требующих дополнительной поддержки, и принимать соответствующие меры.

Оценка эффективности учебных программ: Аналитика может помочь в оценке эффективности учебных программ и методов обучения. Анализ данных может показать, какие программы или методологии дают наилучшие результаты и могут быть использованы для улучшения качества образования.

Поддержка принятия решений: Аналитика может предоставлять учителям и администраторам школы информацию для принятия более информированных решений. Например, они могут использовать аналитику для определения эффективности различных программных инструментов или для определения потребности в специализированных обучающихся и учителей.

Таким образом, применение передовых аналитических методов в образовании может значительно улучшить качество обучения и поддержать студентов и учителей в их образовательном процессе.

Прогнозирование успеха студента с использованием *Big Data* и передовой аналитики может включать в себя анализ больших объемов данных, таких как академические достижения, присутствие на занятиях, активность в учебных группах и многие другие параметры.

С помощью *Big Data* и *Advanced Analytics* можно создать модели, которые анализируют множество факторов, позволяющие прогнозировать успех студента. Это может помочь учебным заведениям выявлять студентов, у которых есть риск неуспеваемости, и принимать меры для оказания им поддержки, а также оптимизировать учебные программы для повышения успеваемости студентов в целом.

Описание вопросов прогнозирование успеха студента с использованием *Big Data*, личностного и профессионального развития педагога при совершенствовании современного учебного процесса, образовательных технологий применения принципа нелинейности фрактальной педагогики, а также разработки методов оценки и информационных моделей образовательного процесса на основе фрактально-резонансного подхода и принципа оптимизации рефлексивного взаимодействия в рамках фрактальной педагогики, таблицы 1,2,3.

Таблица 1. Информационная модель принципа нелинейности

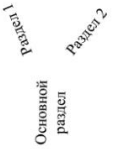
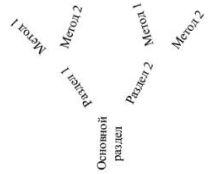
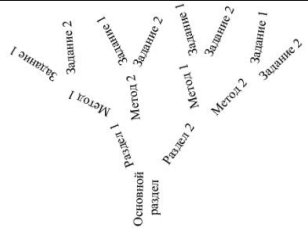
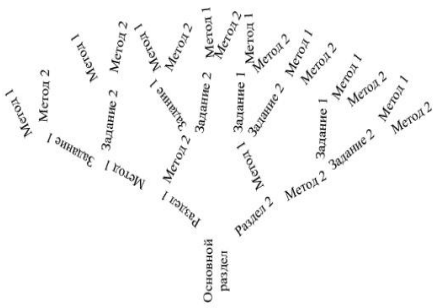
	Выбор основного раздела предмета как основного ствола древообразного фрактала.
	Студентам предоставляются новые знания посредством выделения разделов в основной части. Формирование следующих ветвей фрактала.
	Обеспечение множества путей развития. Учет уровня знаний студентов.
	Закрепление темы. Пояснение материала и ожидание поиска решений задач. Рассмотрение результата, полученного студентом.
	Объяснение решения представленных задач 2 методами.
	Рассмотрение элементов, соответствующих и несоответствующих целям преподавателя. Межпредметные связи при усвоении темы с помощью примеров и связь профессиональной деятельностью.

Таблица 2. Информационная модель принципа оптимизации рефлексивного взаимодействия

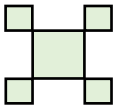
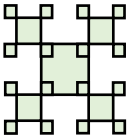
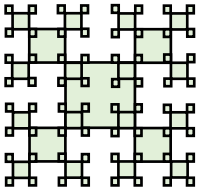
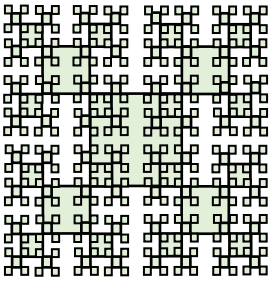
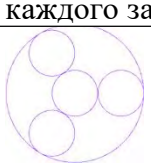
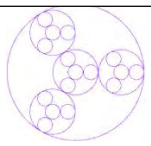
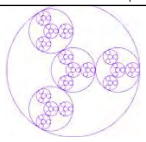
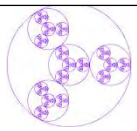
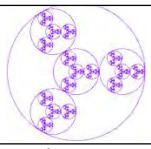
	Сформировать общие теоретические представления у студентов для самостоятельного выполнения задач.
	Разделение студентов по группам для организации индивидуального и группового обучения. Необходимо организовать группы для студентов с высоким, средним и низким уровнем знаний и дать названия данным группам.
	Дать задания для групп студентов с целью направления их познавательной активности. Дифференцировать задания по низкий, среднему и высокому уровням сложности.
	Для использования оптимальных средств отображения познавательной активности студентов обобщаются задания, выполненные каждой группой, применение каждого метода в простых и сложных примерах и достижение общего результата.
	Самостоятельное образование студентов и самостоятельное обучение студентов других групп с применением принципа оптимизации рефлексивного взаимодействия, что позволяет сократить время обучения студентов и более успешно усвоить изучаемую тему.

Таблица 3. Информационная модель принципа резонансного воздействия фрактальной педагогики с помощью рекурсивного алгоритма фрактальной графики:

k – количество студентов в группе k = 2,3,4,...;
a – количество тезаурусов;
n – количество шагов;
m – количество заданий;
T – общее время выполнения заданий;
$t_1, t_2 \ldots t_m$ – время для усвоения каждого задания.

		
n=1, *k*=3, t=40%	*n=2*, *k*=3, t=5%	*n=3*, *k*=3, t=10%
Преподаватель дает студентам теоретический материал.	Закрепление темы, определение тезаурусов по теме.	Связь лекционного занятия с практическими и лабораторными занятиями, применение изученных тезаурусов.

Окончание таблицы 3

		
n=*4*, *k*=3, t=10%	*n*=*5*, *k*=3, t=10%	*n*=*6*, *k*=3, t=5%
Работа в сотрудничестве.	Тестирование выполненных заданий.	Полное усвоение тезаурусов в рамках темы.

В представленных моделях необходимо сформировать систему следующих понятий по функциям и содержанию: связность, взаимосвязанность, взаимодействие, дифференциация и интеграция, иерархия, образовательный контекст, фрактальные основы и фрактальные принципы, логика и алгоритм самоуправления, внутреннее и внешнее самоотображение.

Основной целью повышения эффективности автоматизированной системы образовательного процесса является контроль учебной деятельности и показателей усвоения матерала студентами, а также диагностика эффективности управленческой деятельности преподавателей. Оценка качества образования предполагает развитие системы образования, повышение эффективности применения новых педагогических технологий, определение механизмов ведения учебной деятельности и тенденций развития.

Фрактальные особенности можно использовать при определении междисцплинарных связей, обращении к информации в общей базе знаний посредством обеспечения оперативного учебной деятельности студентов на основе анализа повышения или снижения уровня рассогласованности при автоматизации управления учебной деятельностью участников образовательного процесса. Образовательный процесс, направленный на закрепление межпредметных профильных знаний, позволяет осуществить визуализацию при контроле показателей усвоения учебного материала с использованием фрактальных особенностей, создать необходимые условия для усвоения учебной дисциплины, развить мотивацию студентов, сформировать способности к саморазвитию при самостоятельном усвоении учебных материалов, способствовать формированию широкого взгляда на проблемы и развитию на основе формирования способностей применения будущими специалистами полученных знаний на практике.

Система контроля усвояемости студентов разработанной автоматизированной учебно-информационной системы, которая основана на фрактальных особенностях, состоит из следующих частей:

– информационная модель обучения на основе учебного тезауруса в соответствии с модульной учебной программой;

– фрактальная модель анализа показателей усвоения учебного материала студентами;

– материала педагогического контроля;

– фрактальная гармония;

– фрактальные особенности качественных показателей.

Рассматриваются возможности применения визуализации на основе фрактальных особенностей и совершенствования системы мониторинга показателей усвоения материала пользователями как части автоматизированной учебно-информационной системы. Система управления основывается на несходстве и сохранении неизменности фракталов. Изучаемые модули дисциплины на основе применения фракталов позволяют определить уровень и глубину межпредметных связей.

Этапы формирования всех элементов учебного содержания можно определить как отражающие сходства, организающие и развивающие. Имеется возможность определения основных понятий предмета посредством фрактального множества, например, возможность визуализировать взаимосвязь понятий и геометрически описать корреляцию основных понятий посредством дерева Пифагора. При фрактальной оценке модули (занятия) дисциплины определяются ограниченным числом итераций в модели формирования знаний. В этой модели в рамках рассматриваемой научно-исследовательской работы рассмотрено до 4 шагов итерации, а в рамках самостоятельного получения знаний число этих шагов может увеличиваться пр необходимости. Общий вид модели:

$$S = A \cup \left(A_1^1 \cup A_1^2\right) \cup \left\{\left(A_2^1 \cup A_2^2\right) \cup \left(A_2^3 \cup A_2^4\right)\right\} \cup \\ \cup \left\{\left(A_3^1 \cup A_3^2\right) \cup \left(A_3^3 \cup A_3^4\right) \cup \left(A_3^5 \cup A_3^6\right) \cup \left(A_3^7 \cup A_3^8\right)\right\}$$

где А – основные тезаурусы при усвоения предмета; A_1^1 и A_1^2 – тезаурусы уровня профессиональной подготовки, полученные после первой итерации; A_2^1 *и* A_2^2 – тезаурусы, соответствующие межпредметным связям, сформированные после второй итерации; A_2^3 *и* A_2^4 – тезаурусы, соответствующие профессиональной сфере и сформированные после второй итерации; A_3^1 *и* A_3^2 – тезаурусы, соответствующие предметным связям между общепрофессиональными дисциплинами и полученные после третьей итерации; A_3^3 *и* A_3^4 – тезаурусы, соответствующие предметным связям между профильными дисциплинами и полученные после третьей итерации; A_3^5 и A_3^6 – тезаурусы, соответствующие общепрофессиональной сфере и полученные после третьей итерации; A_3^7 *и* A_3^8 – тезаурусы, соответствующие профессиональной сфере и полученные после третьей итерации.

Вместе с тем, представление учебных материалов осуществляется для усвоения существующих в профильных предметах понятий, установления межпредметных связей, закрепления ранее усвоенных понятий, перехода к следующему разделу при изменении понятий на новые и более широкие понятия. На третьем этапе с учетом времени, разрешенного для усвоения процесса формирования структуры понятий, рассмотрен уровень сложности структуры, которая примерно равна 1,6. Доведя процесс итерации до нескольких процедур, можно построить траекторию усвоения.

Алгоритм оценки уровня усвоения студентами знаний при преподавании профильных предметов на основе фрактальной педагогики. Учебно-методический и критериально-оценочный блоки данного алгоритма создаются на основе соответствия постоянным и временным условиям. Формирование навыков работы с тезаурусами при решении профессиональных проблем после овладения знаниями, умениями и навыками в рамках предмета означает установление взаимосвязей и взаимоотношений с другими понятиями системы. Информационный блок автоматизированной учебно-информационной системы автоматически рассчитывается автоматизированной учебно-информационной системой посредством фрактальной величины *D* и показателей *H-Hurst* оценки усвоения учебных материалов по предмету. Фрактальная величина *D* соотносится с показателем *H-Hurst* посредством простого выражения: $D + H = 2$.

Расчет индекса *Hurst*, определяющего показатель четкости позволяет предположить динамику овладения знаниями в рамках предмета.

Показатель Hurst соотносится с нормированным коэффициентом диапазона $\frac{R}{S}$, где *R* – диапазон соответствующего времени, выделенного для усвоения тезаурусов.

Hurst является разработка оценки синергетического воздействия знаний, умений и навыков на основе процесса усвоения учебных материалов по предмету.

Синергетическое воздействие может выражаться в следующих аспектах:

– усвоение структурных элементов знаний по профильной сфере в заданный период времени, а также возможность овладения неявными знаниями, существующими объективно;

– обеспечение студентов информационными ресурсами по специальности, естественным и гуманитарным предметам, упрощение содержания и структуры познавательной деятельности, развитие научной деятельности, формирование у студентов навыков самостоятельности.

Геометрическое отображение распределения в концептуальном пространстве является основой техники оценки масштаба синергетического воздействия. Закрытое множество на поверхности, ограниченной кругом вокруг равностороннего треугольника, обозначает число, которое позволяет оценить объем знаний.

Объем знаний включает в себя конкретно усвоенные материалы по произвольной сфере развития и условно усвоенные материалы (рисунок 1).

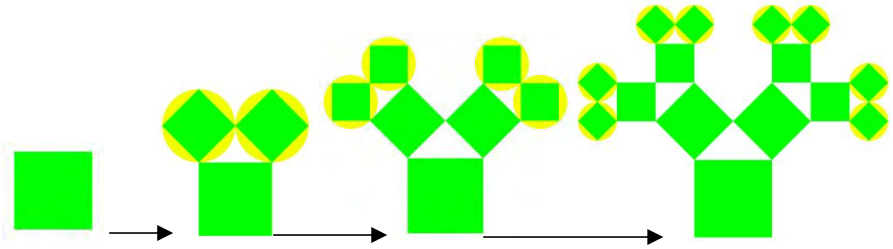


Рисунок 1. Фрактальная модель синергетического воздействия

Минимальная площадь с кругом и квадратом внутри него и совокупность различий на каждом уровне между квадратами означает оценку объема синергетического воздействия:

$$E_s = \sum_{i=\overline{1,2}} \left(S_{t_1^i} - S_{A_1^i}\right) + \sum_{i=\overline{1,4}} \left(S_{t_2^i} - S_{A_2^i}\right) + \cdots + \sum_{i=\overline{1,2^n}} \left(S_{t_n^i} - S_{A_n^i}\right)$$

Здесь расчет площади круга выполняется посредством определения площади квадрата, взятого за одну стандартную единицу. Например, коэффициентом снижения каждого квадрата образуется два квадрата. Одной из особенностей дерева Пифагора является то, что если площадь первого квадрата равна единице, то совокупность площадей квадратов на каждом уровне также равна единице.

Блок оценки знаний студентов на основе фрактальных методов посредством автоматизированной учебно-информационной системы включает в себя:

– межпредметную фрактальную и организационную базу основных понятий;

– процесс усвоения, представленный в виде банка заданий учебных и когнитивных заданий, которые соответствуют фрактальной структуры концептуальной основы автоматизированной информационной модели;

– модуль программы, направленный на индивидуальную оценку качества когнитивной деятельности студентов по двум параметрам: глубине знаний на основе показателя Hurst и объем синергетического воздействия учебно-когнитивной деятельности.

Сложность и объем заданий модели позволяет связать с их возможностями студента и выполнить задачи с нескольких попыток. Параметры по результатам заданий,

количеству попыток и затрачиваемому времени автоматически вносятся в банк совокупных данных о студенте. Выполнение всех видов заданий позволяется максимально усвоить объем и глубину материалов по предмету.

Таким образом, технология оценки деятельности на основе фрактальной модели усвоения студентами знаний по предмету позволяет повысить эффективность, надежность и подлинность системы квалиметрии учебного процесса.

Предложенная технология глубины усвоения тезаурусов по предмету позволяет повысить эффективность и качество управления учебным процессом. Дидактическая значимость разработанной автоматизированной учебно-информационной системы состоит в объективности оценки усвоения учебного материала студентами в условиях фрактального подхода на основе надежности полученных результатов и информационно-коммуникационных технологий.

Заключение. Все больший объем данных, доступный в образовательной сфере, предоставляет уникальную возможность использовать *Big Data* и *Advanced Analytics* для прогнозирования успеха студентов. Анализ данных такого масштаба позволяет выявлять паттерны, определяющие успешные и неуспешные показатели студентов, а также предоставляет ценную информацию для оптимизации учебных программ и поддержки студентов.

Применение *Big Data* и передовой аналитики в образовании имеет потенциал повысить успеваемость студентов, предотвратить дропауты и улучшить общий уровень образования. Однако важно помнить, что эти инструменты должны использоваться ответственно, с учетом приватности данных и этических норм.

Несмотря на вызовы и ограничения, связанные с использованием *Big Data* в образовании, перспективы создания персонализированных обучающих программ и предоставления целенаправленной поддержки студентам делают эту область обещающей для будущего развития образования.

Список литературы

[1] Davenport, T. H. (2014). Big data at work: Dispelling the myths, uncovering the opportunities. Harvard Business Review Press.

[2] Chen, H., Chiang, R. H., & Storey, V. C. (2012). Business intelligence and analytics: From big data to big impact. MIS quarterly, 36(4), 1165-1188.

[3] Madaan, R., & Belyaeva, Z. (2016). Predictive analytics in education using big data. Procedia Computer Science, 98, 461-466.

[4] Kalyuga, S., & Nastashkin, M. (2018). Implementing big data analytics in education sector to improve student outcomes. In Proceedings of the International Scientific Conference "Digitalization of Modern Society" (pp. 241-245).

[5] Kizilcec, R. F., Papadopoulos, K., & Sritanyaratana, L. (2014). Showing face in video instruction: Effects on compliance, emotion, and learning. In Proceedings of the first ACM conference on Learning @ scale conference (pp. 189-194).

[6] Garet, M. S., Porter, A. C., Desimone, L., Birman, B. F., & Yoon, K. S. (2001). What makes professional development effective? Results from a national sample of teachers. American educational research journal, 38(4), 915-945.

[7] Soundararajan, A., Alfayly, A., Ravindran, P., & Shah, V. (2016). Predicting academic performance of students using big data analytics. In 2016 IEEE international congress on big data (pp. 313-320). IEEE.

[8] West, E., & Tomlinson, C. A. (2016). Learning personalization in the digital age. Educational Leadership, 73(6), 34-39.

[9] Beknazarova S., Mukhamadiyev A.Sh. Jaumitbayeva M.K.Processing color images, brightness and color conversion//International Conference on Information Science and Communications Technologies ICISCT 2019 Applications, Trends and Opportunities. Tashkent 2019

[10] Beknazarova S., Mukhamadiyev A.Sh. Park Insu, Adbullayev S. The Mask Of Objects In Intellectual Irrigation Systems//International Conference on Information Science and Communications Technologies ICISCT 2020 Applications, Trends and Opportunities. Tashkent 2020.

[11] Beknazarova S., Sadullaeva Sh., Abdurakhmanov K, Beknazarov K.. Nonlinear cross-systems of numerical simulation of diffusion processes//International Conference on Information Science and Communications Technologies ICISCT 2020 Applications, Trends and Opportunities. Tashkent 2020.

[12] Korikov A.M. Correlation visual systems of robots / A.M. Korikov, V.I. Syryamkin, V.S. Titov. – Tomsk: Radio and Communications, 2000. – 264 p.

[13] Klevalin V.A. Systems of technical vision in industrial robotics / V.A. Klevakin, A.Yu. Polivanov // Mechatronics, automation, control. - 2010. – No. 9. – pp. 26-36.

Авторский вклад

Бекназарова Саида Сафибуллаевна – исследования по внедрению Big Data and Advanced Analytics в образовательный процесс.

BIG DATA AND ADVANCED ANALYTICS IN EDUCATION

S.S. Beknazarova
Professor of the Department of Television and Media Technologies of M.Khorazmiy TUIT, Doctor of Technical Sciences, Professor

Abstract. The article discusses the use of big data and advanced analytics in education. The author discusses the importance of these technologies for improving the effectiveness of educational processes and making informed decisions in educational institutions. The article covers topics such as the collection and analysis of data on students, teachers and curricula, the use of machine learning algorithms to predict student success and determine the best teaching methods, as well as the use of data analytics to identify trends and patterns in the educational field. The author emphasizes that the use of big data and advanced analytics makes it possible to more accurately analyze and understand the processes taking place in education, as well as predict learning outcomes. This can help curriculum developers, educational administrators, and teachers make better informed decisions based on facts and data. In conclusion, the article notes that the use of big data and advanced analytics in education can lead to qualitative changes in the education system, improve learning outcomes and personalize the learning process. However, the authors urge caution in the use of these technologies, taking into account the issues of privacy and ethics of student data processing.

Keywords: big data, advanced analytics, assessment of the quality of information transmission, educational systems.

УДК:621.762.2

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ СЕГРЕГАЦИИ ЧАСТИЦ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВИБРАЦИИ

Л.П.Пилиневич
Профессор кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР, доктор технических наук, профессор, кавалер медали Франциска Скорины

Pilinevich@bk.ru

М.В.Тумилович
Начальник управления подготовки научных кадров вышей квалификации БГУИР, доктор технических наук, доцент
tumilovich@bsuir.by

А.Г.Кравцов
Заместитель академика-секретаря физико-технического отделения наук Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор

Л.П.Пилиневич
Профессор кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР, доктор технических наук, профессор, кавалер медали Франциска Скорины.

М.В.Тумилович
Начальник управления подготовки научных кадров вышей квалификации БГУИР, доктор технических наук, доцент.

А.Г.Кравцов
Заместитель академика-секретаря физико-технического отделения наук Национальной академии наук Беларуси, доктор технических наук, профессор.

Аннотация. Проведено математическое моделирование процессов сегрегации дисперсных частиц при наложении вибрационных колебаний. Получены математические зависимости, описывающие кинетику процесса сегрегации и позволяющие оценить время вибрационного формования, необходимое для полной сегрегации частиц дисперсной порошковой смеси и разделения дисперсных частиц по размерам или массе.

Ключевые слова. Математическое моделирование, вибрация, дисперсные частицы, порошки, сегрегация.

Введение. Вибрацию в настоящее время используют в различных отраслях реального сектора экономики для интенсификации разнообразных, иногда взаимопротивоположных технологических процессов, таких, как: разделение дисперсных материалов по физико-механическим свойствам и их смешивание; уплотнение обрабатываемой среды и ее разрыхление; снижение и ликвидация концентраторов напряжений или, наоборот, создание при упрочнении вибронаклепом сжимающих остаточных напряжений, увеличение микротвердости; гранулирование и измельчение твердых тел; ориентирование деталей, различных тел и частиц в пространстве и создание их хаотического расположения; заполнение емкостей сыпучими материалами и их разгрузка [1].

Цель настоящей работы – провести математическое моделирование процессов сегрегации дисперсных частиц при наложении вибрации, которое позволит описать кинетику процесса сегрегации и оценить время полного разделения дисперсных частиц по размерам или массе.

В процессе вибрационного воздействия на дисперсную порошковую смесь ее частицы находятся в постоянном колебательном движении, причем характер этого движения существенно зависит от параметров вибрации, размеров частиц и их массы. Одним из основных механизмов, обусловливающих сегрегацию частиц по размерам под действием вибрационных колебаний, является образование дополнительных пустот возле крупных частиц и последующее просеивание мелких частиц в эти пустоты, что и приводит к подъему крупных частиц. Поэтому в качестве допущения о природе сил, приводящих к сегрегации, нами взято следующее положение: в процессе колебательного движения вокруг более крупной или массивной частицы создается градиент концентрации частиц основной порошковой смеси, причем эта концентрация выше под частицей, чем над ней [2].

Физическое обоснование данного допущения можно получить, исходя из анализов процессов упругого столкновения частиц различной массы. Будем считать, что частицы основной порошковой массы имеют среднюю скорость колебательного движения V и массу m, выделенная более тяжелая (крупная) частица – массу M. Тогда скорости, которые приобретают частицы с массой M и m после их столкновения, равны:

$$V_{1M} = \frac{2M}{m+M}V, \qquad V_{1m} = \frac{m-M}{m+M}V. \tag{1}$$

В свою очередь частица массой M, приобретая скорость V_{1M}, сталкиваясь с другой частицей массой m, получит скорость V_{2m}:

$$V_{2m} = \frac{2M}{m+M}V_{1M} = \frac{4mM}{(m+M)^2}V. \tag{2}$$

Из уравнений (1) и (2) определим относительную скорость частиц массой m после второго и первого столкновения:

$$V_{2M} - V_{1m} = [\frac{4mM}{(m+M)^2} - \frac{m-M}{m+M}]V = \frac{4mM + M^2 - m^2}{(m+M)^2}V. \tag{3}$$

В то же время из уравнения (3) видно, что в случае $m=M$, т.е. когда порошковая смесь однородна, $V_{2m}=V_{1m}=V$.

Возникающие дополнительные расстояния между частицами порошка вблизи более тяжелой (крупной) частицы можно оценить из следующего соотношения:

$$\Delta l = \frac{4mM + M^2 - m^2}{(m+M)^2} - 1 \quad V\frac{1}{f} \tag{4}$$

где f – частота колебаний.

Из выражения (4) с учетом того, что средняя скорость колебательного движения частиц связана с параметрами вибраций выражением:

$$V \approx \frac{a}{f}, \tag{5}$$

где a – ускорение вибрационных колебаний, получаем:

$$\Delta l \approx \frac{m(M-m)}{(m+M)^2} \frac{a}{f^2} \tag{6}$$

Таким образом, если $M>m$, то около частицы массой M в процессе колебаний будут возникать пустоты, через которые под действием сил тяжести будет происходить просеивание мелких частиц, что и обусловливает увеличение их концентрации под тяжелой частицей и соответственно уменьшение под ней.

Описанное формирование градиента концентрации приводит к перемещению тяжелой (крупной) частицы вверх за счет действия дополнительной силы, связанной с тем, что импульс иглы, переданный нижними частицами, становится больше соответствующего импульса, переданного верхними частицами при столкновениями с крупной.

Для количественного описания сегрегации при виброформовании запишем уравнение движения более тяжелой частицы в вертикальном направлении:

$$M\frac{dU(t)}{dt} = -Mg(1-\frac{\rho_c}{\rho_M}) - \frac{1}{B}U(t) + \varsigma(t), \tag{7}$$

где $U(t)$ – скорость движения частицы массой M в вертикальном направлении; ρ_c, ρ_M – плотности порошковой среды и материала более крупной (тяжелой) частицы; $B = \frac{1}{3\pi\mu D}$ – подвижность тяжелой частицы (здесь D – размер тяжелой частицы); $\xi(t)$ – случайная сила, обусловленная возникающим градиентом концентрации частиц среды.

Запишем частное решение уравнения (7) в следующем виде:

$$U(t) = U_0(t)\exp\left(-\frac{1}{BM}t\right) - BMg(1-\frac{\rho_c}{\rho_M}), \tag{8}$$

где $U_0(t)$ определяют из выражения:

$$U_0(t)\exp\left(-\frac{1}{BN}t\right) = \frac{\xi(t)}{M}. \tag{9}$$

Интегрируя уравнение (9) получаем:

$$U_0(t) = \frac{1}{M}\int_0^t \exp\left(\frac{1}{BM}\tau\right)\xi(\tau)d\tau. \tag{10}$$

Так как время упругого столкновения частиц бесконечно мало, и сила $\xi(\tau)$ связана с передачей импульса частице M при практически одновременном воздействии на нее окружающих частиц порошковой смеси, то будем считать, что случайная сила $\xi(\tau)$ описывается следующей функцией:

$$\xi(\tau) = \Phi\delta(t), \tag{11}$$

где Ф – случайная константа, зависящая от размеров и масс частиц порошка и параметров вибрации; $\delta(t)$ – дельта функция.

Подставляя (10) в 9), получим:

$$U_0(t) = \frac{\Phi}{M} - \int_0^t exp\ \left(-\frac{1}{BM} t\right)\ \delta(\tau) d\tau = \frac{\Phi}{M}, \tag{12}$$

Из уравнений (8) и (12) получаем уравнение движения рассматриваемой частицы в виде:

$$U_0(t) = \frac{\Phi}{M} \exp\ \left(-\frac{1}{BM} t\right)\ - BMg\ \left(1 - \frac{\rho_c}{\rho_M}\right) . \tag{13}$$

Так как в (13) входит случайная константа Ф, то *U(t)* также является случайной функцией и сам процесс движения частицы *M* является случайным.

Как видно из уравнения (13), скорость *U(t)* с течением времени уменьшается, и через промежуток времени t_* своего движения в вертикальном направлении тяжелая частица останавливается. Значение t_* равно

$$t_* = -BM \ln \frac{BM^2 g\left(1 - \frac{\rho_c}{\rho_M}\right)}{\Phi} . \tag{14}$$

За это время она переместиться в вертикальном направлении на расстоянии *S*, равное:

$$S = \int_0^{t_*} U(\tau) d\tau = BM\ \left(\frac{\Phi}{M}\ 1 - \exp\ \left(-\frac{t}{BM}\right)\right) - g\ \left(1 - \frac{\rho_c}{\rho_M}\right)\ t_* . \tag{15}$$

За это время своего движения вверх частица массой *M* сможет либо перейти в следующий слой частиц порошка, либо, не достигнув его, вернуться в исходное положение. Причем возможность такого перехода связана с величиной случайного воздействия, которая в уравнениях (14 и 15) описываются случайным параметром Ф. Следовательно, движение более тяжелой частицы в вертикальном направлении представляет собой систему скачков, один из которых заканчивается ее перемещением на следующий слой мелких частиц, а другие – возвращением в исходное положение. Условием перемещения частицы *M* на следующий слой порошковой массы является неравенство

$$S \quad d , \tag{16}$$

где *d* – размер мелких частиц порошковой смеси; *S* – определяется из уравнения (15) и принимает случайные значения в соответствии со значением случайного параметра Ф, который также зависит от размеров и массы частиц порошка и параметров вибрационных колебаний.

В соответствии с определением (11) параметр Ф имеет размерность импульса. Вследствие этого будем считать, что величина Ф пропорциональна импульсу, передаваемому частице массой *M* частицами порошковой смеси, одновременно сталкивающимися с ней

$$\Phi \approx \Delta p\ \Delta N , \tag{17}$$

где Δp – величина импульса, передаваемого частице массой *M* при ее столкновении с частицей массой *m*; ΔN – разность числа мелких частиц среды, окружающих крупную частицу в нижней и верхней ее частях.

Согласно выражению (1) $\Delta p = MV_{1M} = \frac{2mM}{m+M} V$, откуда с учетом (5) получаем:

$$\Delta p \approx \frac{mM}{m+M}\frac{a}{f}. \qquad (18)$$

Число мелких частиц в верхней части крупной частицы можно оценить, исходя из следующего соотношения:

$$N_в = 2\rho_B \left(\frac{D}{d}\right)^2, \qquad (19)$$

где $\rho_в$ – относительная плотность укладки частиц порошка в верхней части.

Аналогично для нижней части можно записать:

$$N_н = 2\rho_н \left(\frac{D}{d}\right)^2, \qquad (20)$$

Из последних двух выражений получаем значение величины ΔN: $\Delta N = N_н - N_в$, или

$$\Delta N = 2(\rho_н - \rho_в)\left(\frac{D}{d}\right)^2, \qquad (21)$$

где $\rho_н$ – относительная плотность укладки частиц порошка в нижней части.

Значение $\Delta\rho=\rho_н - \rho_в$ зависит от формы и размеров частиц порошковой смеси, а также, как показывают результаты экспериментальных исследований, от высоты засыпки

$$\Delta\rho = \Delta\rho f_1(h), \qquad (22)$$

где $\Delta\rho'$ – изменение относительной плотности, связанное со свойствами частиц порошка; h – высота засыпки порошковой смеси.

Учитывая, что в левой части уравнения (22) стоит безразмерная величина, то и в правой части выражение должно быть безразмерным. Поэтому перейдем от высоты засыпки к безразмерному параметру – числу слоев частиц мелкого порошка, равному h/d. В этом случае уравнение (22) примет следующий вид:

$$\Delta\rho = \Delta\rho f_1\left(\frac{h}{d}\right), \quad \text{или} \quad \Delta\rho \approx f_1\left(\frac{h}{d}\right). \qquad (23)$$

Для определения функции $f_1(h/d)$ предположим, что данная зависимость обусловлена переупаковкой частиц порошка в нижних слоях засыпки под действием верхних слоев. По аналогии с уравнением прессования запишем следующее уравнение уплотнения порошковой смеси под действием собственной массы порошка:

$$\rho \approx \rho\left(\frac{h}{d}\right)^{\frac{1}{m}}, \qquad (24)$$

где m` – постоянная, которая для большинства порошков близка к 5 [3]. Преобразуя данное соотношение получаем зависимость:

$$\rho \approx \left(\frac{h}{d}\right)^{1/4}. \tag{25}$$

Тогда $$f_1\left(\frac{h}{d}\right) \approx \rho \approx \left(\frac{h}{d}\right)^{1/4}, \text{ или } \Delta\rho \approx \left(\frac{h}{d}\right)^{1/4}. \tag{26}$$

С учетом (26) запишем (21) в следующем виде:

$$\Delta N \approx \left(\frac{D}{d}\right)^{2}\left(\frac{h}{d}\right)^{1/4}. \tag{27}$$

Подставляя соотношение (18) и (27) в (17), получаем:

$$\Phi \approx \frac{mM}{m+M}\left(\frac{D}{d}\right)^{2}\left(\frac{h}{d}\right)^{1/4}\frac{a}{f},$$

или $$\Phi \approx \alpha\frac{mM}{m+M}\left(\frac{D}{d}\right)^{2}\left(\frac{h}{d}\right)^{1/4}\frac{a}{f}, \tag{30}$$

где α – множитель, который вследствие того, что параметр является случайным, также представляет собой случайное число.

Так как, множитель α отражает случайный характер воздействия мелких частиц на крупные, причем величина воздействия зависит от большого числа факторов, то можно считать, что случайные числа α распределены по нормальному закону. В этом случае α связано с равномерно распределенным случайным числом β_0, которое может быть получено на компьютере, используя следующее соотношение:

$$\alpha = K_1\left(1 + K_2\sqrt{\ln\frac{1}{\beta_0}}\cos(2\pi\beta_0)\right) \tag{31}$$

где $0<\beta_0<1$.

При такой записи параметр K_1 характеризует среднее значение нормального распределения чисел α; а параметр K_2 характеризует отношение дисперсии распределения α к их среднему значению:

$$K_2 = \frac{\sigma_\alpha}{\alpha}. \tag{32}$$

В этом случае величина K_2 должна зависеть от отношения размеров мелких и крупных частиц d/D, так как чем меньше значение d/D, тем большее число мелких частиц воздействует на крупную, и тем более стабильна величина воздействия. Для учета влияния указанного фактора запишем выражение для K_2 в следующем виде:

$$K_2 = K_3 \frac{d}{D}, \tag{33}$$

где K_3 – параметр.

Значение параметра K_3 оценим исходя из следующего условия: при $d=D$ функция распределения случайного воздействия становится практически равномерной; это обусловлено равномерным положением частиц в данном случае. Определим численное условие того, что функция распределения становится равномерной. Функция нормального распределения в общем виде представляет собой:

$$\varphi(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \int_0^x \exp\left(-\frac{(t-\bar{x})}{2\sigma^2}\right) dt. \tag{34}$$

Тогда распределение случайных величин можно считать равномерным, если выполняется условие:

$$\frac{\varphi(2\bar{x}) - \varphi(\bar{x})}{\varphi(\bar{x})} \quad 0{,}01. \tag{35}$$

Подставляя уравнение (34) в неравенство (35), получаем соотношение между $\bar{x}$ и σ: $\frac{\bar{x}}{\sigma}$ 0,13,

или в случае равенства

$$\left(\frac{\sigma}{x_{кр}}\right) = 7{,}5 \quad . \tag{36}$$

Из выражений (32) и (33) получаем:

$$\frac{\sigma_\alpha}{\bar{\alpha}} = K_3 \ \frac{d}{D} \ ,$$

а в случае $d=D$ получим:

$$\left(\frac{\sigma_\alpha}{\alpha}\right)_{кр} = K_3 \tag{37}$$

Подставляя выражение (36) в (37), определяем значение параметра K_3= 7,5, тогда в соответствии с равенством (33) получим, что:

$$K_2 = 7{,}5 \frac{d}{D}. \tag{38}$$

Из выражений (31) и (38) можно получить следующее уравнение для случайного параметра α:

$$\alpha = K_1 \ 1 + 7{,}5\sqrt{\ln\frac{1}{\beta_0}}\cos(2\pi\beta_0)\frac{d}{D} \ . \tag{39}$$

Подставляя выражение (39) в (33), определим значение параметра Ф в виде

$$\Phi = K_1\ 1+7{,}5\sqrt{\ln\frac{1}{\beta_0}}\cos(2\pi\beta_0)\frac{d}{D}\ \frac{mM}{m+m}\ \frac{D}{d}^{\ 2}\ \frac{h}{d}^{\ 1/4}\frac{a}{f}. \qquad (40)$$

С учетом (23) получаем выражение для эффективной вязкости порошковой среды:

$$\mu = \frac{5}{6}\ \frac{2}{\pi}^{\ 1/2}\rho^2\rho_M\ \frac{1}{1-\rho}+\frac{3\rho}{2\left(1-\rho^2\right)}+\frac{\rho^2}{2(1-\rho)^3}\ d\overline{V}\,, \qquad (41)$$

где ρ_M – плотность материала порошка; $\overline{V}$ – средняя скорость вибрационного движения частиц.

Совместный анализ зависимостей (27) и (41) показывает, что для исследуемых в работе порошков бронзы зависимость $\mu=\mu(h)$ может быть аппроксимирована следующей функцией:

$$\mu \approx \frac{h}{D}^{\ 0{,}3}.$$

Для средней скорости вибрационных колебаний частиц порошковой смеси справедливо соотношение (11), тогда уравнение (41) преобразуем к следующему виду:

$$\mu \approx \rho_M\ \frac{h}{d}^{\ 0{,}3} d\frac{a}{f}, \text{ или } \mu = K_4\rho_M\ \frac{h}{d}^{\ 0{,}3} d\frac{a}{f}, \qquad (42)$$

где K_4 – параметр.

С учетом (42) подвижность крупной частицы в среде мелких описывается следующим выражением:

$$\beta = \frac{1}{3\pi K_4\rho_M\ \frac{h}{d}^{\ 0{,}3} d\frac{a}{f}D}. \qquad (43)$$

Как видно из полученных соотношений, разработанная модель позволяет описывать процессы сегрегации частиц порошка по размерам при вибрационном формовании с точностью до параметров K_1 и K_4, численное значение которых аналитически определить весьма сложно, так как они зависят от большого количества факторов, учесть которые практически невозможно. В целях определения значений параметров K_1 и K_4 для исследованных в работе [1] порошков бронзы были проведены модельные эксперименты при следующих условиях: D = 0,56 мм, d = 0,056 мм; a = 10 м/с^2, f = 30 Гц, h_1 = 2 мм, h = 0 мм.

Для обоих значений толщины слоя засыпки порошка определялось время подъема одиночной крупной частицы со дна формы на поверхность порошковой массы. Усредненные значения времени, подъема, полученные после проведения 10 экспериментов для каждой толщины засыпки, составили: t_1= 3,7 с; t_2= 6,6 с. Сопоставление полученных данных с результатами расчетов по приведенным уравнениям позволили определить значения K_1 и K_4: K_1 = 3,4; K_4 = 7,3.

На основании полученных соотношений была предложена следующая схема расчета кинетики сегрегации частиц по размерам при вибрационном формовании порошковой засыпки:

– определяется случайное равномерное распределенное число β_0 из интервала (0,1);

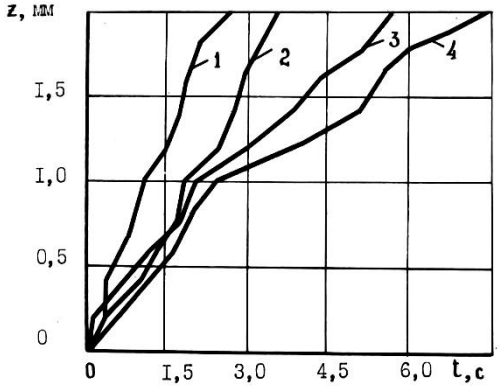
– по уравнениям (40) и (43) рассчитываются параметры Ф и B;

– из уравнений (14) и (15) определяются значения времени t_* и расстояния S, проходимого крупной частицей при элементарном скачке;

– в случае, если выполняется условие (16), крупная частица перемещается в вертикальном направлении на $\Delta Z = \left[\frac{S}{d}\right]$ (квадратные скобки обозначают целую часть числа);

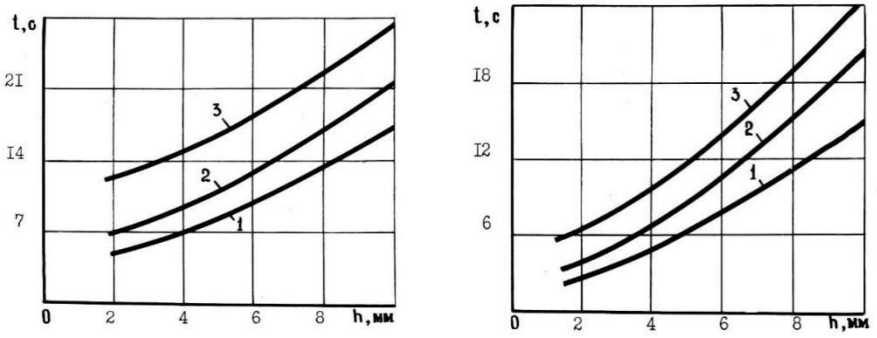
– если же соотношение (16) не выполняется, то крупная частица возвращается в исходное состояние.

По приведенной схеме проведены расчеты времени сегрегации частиц при различных соотношениях D, d и h. Зависимости перемещения крупной частицы в вертикальном направлении от времени представлены на рисунке 1. Анализ полученных кривых показывает, что сегрегации носят случайный характер, который отражается в скачкообразном изменении величины вертикального перемещения. На рисунке 2 показаны рассчитанные зависимости времени сегрегации от толщины слоя засыпки при различных значениях D и d. Анализ приведенных данных показал, что время сегрегации нелинейно возрастает с увеличением h. Скорость сегрегации также возрастает при увеличении D и уменьшении d.



1 – размер частиц крупного порошка (-0,63…+0,4); 2 – (-0,4…+0,315); 3 – (-0,315…+0,2); 4 – (-0,2…+0,16) мм

Рисунок 1. Кинетика подъема крупных частиц порошка бронзы марки БрОФ –10 –1 разного размера в порошковой засыпке толщиной 2 мм из частиц размером (-0,063…+0,04) мм



а б

1 – размер частиц крупного порошка (-0,63…+0,4); 2 - (-0,4…+0,315); 3 – (-0,315…+0,2)

Рисунок 2. Зависимость времени сегрегации от толщины слоя мелкого порошка бронзы марки БрОФ –10 –1 с размером частиц (-0,063…+0,04) мм (а) и (-0,1…+0,063) мм (б)

Таким образом, расчет по предложенной модели позволяет определить время вибрационного формования, необходимое для полной сегрегации частиц по размерам дисперсной порошковой смеси.

Заключение. В результате проведенного математического моделирования получены математические зависимости, описывающие процессы сегрегации дисперсных частиц при наложении вибрационных колебаний, которые позволяют описать кинетику процесса сегрегации и оценить время вибрационного формования, необходимое для полной сегрегации частиц дисперсной порошковой смеси и полного разделения дисперсных частиц по размерам или массе.

Список литературы

[1] Вибрации в технике: Справочник. В 6-ти т. / Ред. совет: В. Н. Челомей (пред.). – М.: Машиностроение, 1981. – Т. 4. Вибрационные процессы и машины / Под ред. Э. Э. Лавендела. 1981. – 509 с.

[2] Мазюк, В.В. Пористые порошковые материалы с анизотропной структурой: методы получения / В.В.Мазюк, Л.П. Пилиневич Л.П., А.Л. Рак, В.В. Савич, М.В. Тумилович // Под ред. П.А.Витязя. – Мн: «Тонпик», 2006. – 268 с.

[3] Бальшин, М.Ю. Основы порошковой металлургии / М.Ю. Бальшин, С.С. Кипарисов. – М.: Металлургия, 1978. – 184 с.

Авторский вклад

Пилиневич Л.П. – *провел теоретический анализ исследуемой проблемы, сформулировал цель работы.*

Кравцов А.Г. – *совместно с* **Пилиневичем Л.П.** *математически описали процесс сегрегации дисперсных частиц по размерам и массе при наложении вибрации.*

Тумилович М.В. – *провел экспериментальные исследования влияния параметров вибрации на кинетику подъема и время сегрегации дисперсных части порошка.*

MATHEMATICAL MODELING OF PARTICLE SEGREGATION PROCESSES UNDER THE INFLUENCE OF VIBRATION

L.P. Pilinevich
Professor of Engineering Psychology and Ergonomics BSUIR, Doctor of Technical Sciences, Professor, holder of the Francis Skaryna Medal

M.V. Tumilovich
Head of the Department for the Training of Scientific Personnel of Higher Qualification of BSUIR, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor.

A.G. Kravtsov
Deputy Academician-Secretary of the Physical and Technical Department of Sciences of the Presidium of the National Academy of Sciences of Belarus, Doctor of Technical Sciences, Professor

Abstract. Mathematical modeling of the processes of segregation of dispersed particles under the application of vibration oscillations has been carried out. Mathematical dependencies were obtained that describe the kinetics of the segregation process and allow one to estimate the vibration molding time required for complete segregation of particles of a dispersed powder mixture and separation of dispersed particles by size or mass.

Keywords. Mathematical modeling, vibration, dispersed particles, powders, segregation.

УДК 681.2:004.42

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ И ДАННЫХ В ИЗМЕРИТЕЛЬНО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ И СИСТЕМАХ ВИБРАЦИОННОГО КОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА

П.Ю. Бранцевич
Докторант БГУИР,
кандидат технических
наук, доцент
branc@bsuir.edu.by

П.Ю. Бранцевич

С 1985 года работал в области разработки архитектуры, методов, алгоритмов и программного обеспечения компьютерных систем и комплексов для определения метрологических характеристик виброизмерительных преобразователей и виброустановок, решения задач вибрационного контроля, мониторинга, диагностики и автоматики защиты сложных механизмов и агрегатов с вращательным движением. С 1995 по 2019 годы научный руководитель НИЛ «Систем вибродиагностики» БГУИР. Более сорока измерительно-вычислительных комплексов вибрационного контроля и мониторинга внедрены и введены в промышленную эксплуатацию на предприятиях энергетики Беларуси. Являлся научным руководителем и исполнителем четырех заданий Государственной научно-технической программы (ГНТП) «Энергетика», двух заданий ГНТП «Защита от чрезвычайных ситуаций», четырех заданий ГПНИ «Диагностика», более ста хозяйственных договоров. Автор трех монографий.

Аннотация. С начала 90-х годов лабораторией систем вибродиагностики начата разработка, внедрение и введение в промышленную эксплуатацию компьютерных измерительно-вычислительных комплексов (ИВК) непрерывного вибрационного контроля, мониторинга и автоматики защиты сложных механизмов и агрегатов с вращательным движением, а также ИВК для регистрации и обработки длинных временных реализаций вибрационных сигналов. Результатом работы ИВК являются файлы суточных временных трендов для 14 вибрационных параметров с временным шагом 1-8 секунд по каждой точке контроля на эксплуатируемом объекте и файлы вибрационных сигналов. Рассмотрены методы и алгоритмы обработки получаемых больших данных с целью определения информативно-значимых параметров и характеристик для дальнейшего их использования в автоматизированных и автоматических системах принятия решений.

Ключевые слова: вибрация, сигнал, цифровая обработка, параметр, характеристика, решение

Введение. На предприятиях критической инфраструктуры, в энергетике, газотранспортной системе, нефтехимии, транспорте в процессе эксплуатации актуальны и необходимы оценка и прогнозирование технического состояния производственных объектов, своевременное обнаружение и предупреждение развития возникающих дефектов, защита от аварийных ситуаций. Вибрационные контроль, мониторинг, диагностика позволяют получить ответ на многие из этих вопросов [1].

Сложные задачи, возникающие при оценке состояния механизмов и агрегатов, решении задач технической диагностики, требуют соответствующего аппаратного, алгоритмического, программного, метрологического и методического обеспечения. Высокая вычислительная мощность современных малогабаритных компьютеров,

возможность подключения к ним по стандартизованным интерфейсам АЦП и специализированных устройств позволяет создавать на их основе измерительно-вычислительные комплексы (ИВК), способные решать перечисленные задачи, и обладающие при этом гибкостью, модифицируемостью, возможностью функциональной расширяемости и адаптации под новые задачи условия применения.

Эффективность и круг решаемых задач таких систем в основном определяется возможностями математического и программного обеспечения. Роль последнего еще больше возрастает в связи с необходимостью автоматизации ряда сопутствующих задач, связанных с проведением периодических поверок виброизмерительного оборудования, метрологической аттестации ИВК, обработкой результатов измерений, принятием решений. Компьютерные системы позволяют собирать большой объем информации о состоянии контролируемых объектов.

29 июня 1992 года Белорусское территориальное энергетическое управление «БЕЛОРУСЭНЕРГО» издало указание «О мерах по улучшению вибрационного обслуживания и вибросостояния оборудования электростанций». В нем, в частности, было сказано, что: «виброконтроль работающих агрегатов недостаточно организован и не обеспечен необходимым количеством и качеством штатной и переносной вибоизмерительной аппаратуры. Есть случаи несвоевременного выявления диагностических признаков дефектов на ранней стадии развития, не в полном объеме ведется накопление и систематизация данных, характеризующих как весь класс механизмов данного типа, так и существенные индивидуальные отличия».

Возникла острая потребность в современной системе вибрационного контроля и мониторинга для предприятий энергетики Беларуси. В перспективе эта система должна была интегрироваться в станционные АСУ ТП, а также решать задачи оценки технического состояния турбоагрегатов и автоматически принимать решение о защитном отключении.

При этом следовало учитывать ряд существенных требований:

− непрерывная работа с обработкой исходных вибрационных сигналов в режиме реального времени;

− обеспечение требуемых метрологических характеристик в производственных условиях с учетом изменений окружающей среды;

− высокая цена принимаемых решений.

Такая система была создана и в 1994 году прошла первые производственные испытания. В докладе представлены основные научные результаты, полученные в ходе выполнения научно-исследовательских, опытных, экспериментальных и внедренческих работ по созданию компьютерных систем и комплексов для решения перечисленных задач.

Компьютерные ИВК. Для решения задач по улучшению вибрационного контроля, мониторинга, оценки технического состояния турбоагрегатов Беларусской энергосистемы была предложена концепция построения компьютерных ИВК. Компьютер является основным элементом такого ИВК, а его функциональность определяется программным обеспечением, разрабатываемым под конкретные производственные задачи и достаточно просто модифицируемым при изменении или расширении функциональных требований. Для преобразования аналоговых сигналов в цифровые используется универсальный модуль АЦП, подключаемый на стандартную шину компьютера и работающий в режиме реального времени. На входы АЦП могут подключаться выходы любых первичных информационных каналов, которые преобразуют изменения физических величин в электрический сигнал тока или напряжения.

Предложена структура ИВК для работы в режиме реального времени с групповым переключением каналов для многоточечного контроля многоопорного механизма или агрегата. Разработано несколько модификаций ИВК (серия «Лукомль», «Палессе», «Полоцк-2003»). При работе ИВК «Лукомль» для определения параметров вибрационных

сигналов в большинстве случаев используется вибрационный сигнал длинной 200 *мс*, что соответствует десяти оборотам вала турбоагрегата, вращающегося с частотой 50 *Гц*. Каждая подшипниковая опора контролируется в трех направлениях: вертикальном, горизонтально-поперечном и горизонтально-осевом. Для каждой точки контроля вычисляется 14 параметров вибрации, а для подшипниковой опоры, соответственно, 42. Для турбоагрегата с восемью подшипниковыми опорами каждые 2 секунды вычисляются 336 параметров. Следовательно, для турбоагрегата за час получается 604800 значений параметров вибрации, а за сутки – 14515200, которые сохраняются в файлах на жестком диске компьютера. Таким образом, уже к концу 90-х годов внедрение ИВК «Лукомль» обеспечило получение больших данных [2].

В последствии более тридцати ИВК серии «Лукомль-2001» внедрены на предприятиях энергетики Беларуси и введены в промышленную эксплуатацию[3–8]. Они реализованы на базе универсальных средств вычислительной техники и типизированных устройств ввода информации от первичных виброизмерительных преобразователей и их функциональные возможности во многом определяются программно-алгоритмическими средствами, которые предоставляют возможность пользователю путем установки соответствующих значений настроечных параметров выбрать нужный режим функционирования. На рисунках 1-6 представлены составные элементы этого компьютерного комплекса.

Виброизмерительный канал (рисунок 1) состоит из первичного виброизмерительного преобразователя (ПВИП) и согласующего усилителя. ПВИП является пьезоэлектрическим акселерометром, преобразующим ускорение механических колебаний в электрический заряд с высокоомным выходом. Согласующий усилитель преобразует заряд в электрическое напряжение (ток), которое по длинным соединительным каналам, подается на вход блок аналоговой коммутации виброизмерительных каналов и низкочастотной фильтрации (рисунок 4).

Рисунок 1. Первичный виброизмерительный преобразователь и согласующий усилитель

Рисунок 2. Датчик фазовой метки и согласующий усилитель

Рисунок 3. Установка ВИП на подшипниковой опоре турбоагрегата для контроля ее механических колебаний и датчика фазовой метки для определения частоты вращения вала

Канал датчика фазовой метки (рисунок 2) представляет собой датчик перемещения, позволяющий зафиксировать метку на вращающемся валу в виде изменения напряжения на его выходе и согласующий усилитель, обеспечивающий передачу этого изменения напряжения по соединительному кабелю на вход блока аналоговой коммутации виброизмерительных каналов и низкочастотной фильтрации.

ПВИП крепятся в трех направлениях вертикальном, осевом, горизонтально-поперечном на каждой подшипниковой опоре турбоагрегата. Датчик фазовой метки крепится в удобном для доступа месте в районе одной из подшипниковых опор (рисунок 3). Для большинства турбоагрегатов число подшипниковых опор

варьируется от пяти до двенадцати. Таким образом, число виброизмерительных каналов в ИВК «Лукомль-2001» может достигать тридцати шести.

В блоке аналоговой коммутации виброизмерительных каналов и низкочастотной фильтрации (рисунок 4) выполняется последовательное переключение групп из трех виброизмерительных каналов аналоговым коммутатором на входы низкочастотных аналоговых фильтров. Отфильтрованные аналоговые вибросигналы и сигнал от датчика фазовой метки параллельно подаются на четыре входа универсального модуля АЦП, который по стандартной шине ISA или PCI взаимодействует с процессором компьютера. Оцифрованные сигналы загружаются в оперативную память компьютера для программной обработки. Таким образом, вся вычислительная функциональность при обработке вибрационных сигналов, а также принятие решений осуществляются компьютером в соответствии с запрограммированными алгоритмами. Это позволяет при постоянной аппаратной конфигурации ИВК быстро модифицировать его функциональные возможности.

Рисунок 4. Блок аналоговой коммутации виброизмерительных каналов и низкочастотной фильтрации

В ходе работы программы вся необходимая информация отображается на экране компьютера (рисунок 5). Текстовые протоколы могут выводится по требованию оператора на устройство печати или сохраняться в виде файлов на жестком диске.

Данные текущих измерений (временные тренды) записываются в файлы, которые впоследствии могут быть подвергнуты вторичной обработке. Файлы предусматривают возможность совместного использования данных приложениями в многозадачных одномашинных или сетевых многомашинных системах.

Также создается текстовый файл, в который периодически или при возникновении аварийно-идентифицируемой ситуации записывается текущее вибрационное состояние контролируемых опор. По указанию оператора или при возникновении аварийно идентифицируемой ситуации создаются файлы, содержащие исходные временные реализации вибросигналов, представленных в единицах виброускорения. Эти файлы впоследствии анализируются с использованием методов цифровой обработки сигналов.

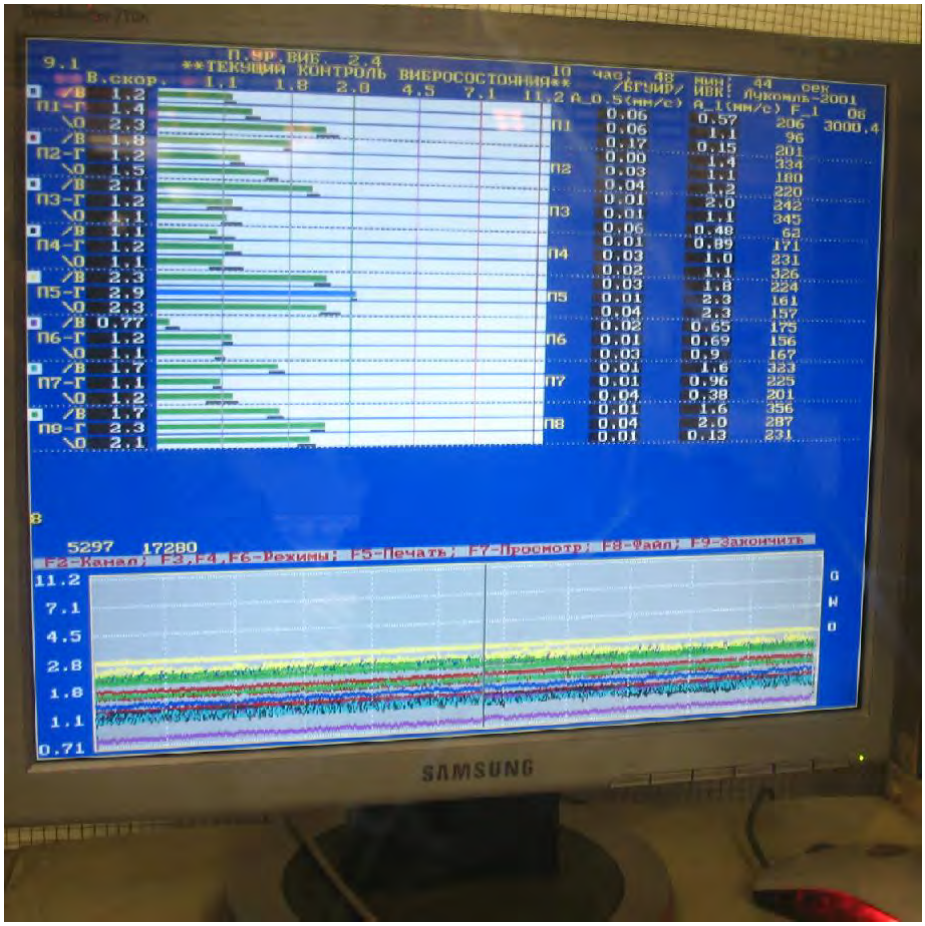


Рисунок 5. Представление результатов вибрационного контроля и мониторинга на экране компьютера

Функциональное программное средство ИВК «Лукомль-2001» обеспечивает реализацию вибрационного контроля и мониторинга подшипниковых опор турбоагрегатов с определением амплитудных и фазовых параметров вибрации в режимах пуска-останова и штатного стационарного виброконтроля с функциями технологической сигнализации и принятия решений о защитном отключении [2, 3, 7].

К компьютеру ИВК по RS интерфейсу подключается блок реле для управления щитовой сигнализацией и защитным отключением турбоагрегата (рисунок 6).

В соответствии с заданными алгоритмами принятия решений о сигнализации и защитном отключении программно формируются управляющие байты, которые передаются в этот блок. Биты этого управляющего байта определяют замыкание (значение бита 1) или размыкание (значение бита 0) контактов соответствующего реле.

Рисунок 6. Блок управления сигнализацией и защитным отключением

Таким образом инициируется выдача сигналов на щит управления о превышении по любому из виброизмерительных каналов, установленных на подшипниковых опорах турбоагрегата:

− СКЗ виброскорости в частотной полосе 10–1000 Гц значений 4,5 *мм/с*, 7,1 *мм/с*, 11,2 *мм/с*;

− СКЗ виброскорости в частотной полосе 10–25 Гц значения 0,5 *мм/с*;

− скачка вибрации на первой оборотной частоте значения 1,0 *мм/с*.

Сигнал на защитное отключение выдается в соответствии с заданным алгоритмом принятия решения о возникновении соответствующей ситуации.

В самом простом случае, предусмотренным стандартами [9, 10], сигнал на защитное отключение выдается при превышении по любому из виброизмерительных каналов, установленных на подшипниковых опорах турбоагрегата СКЗ виброскорости в частотной полосе 10–1000 Гц значения 11,2 *мм/с*.

Более практико-ориентированный алгоритм требует не только превышения СКЗ виброскорости уровня 11,2 *мм/с* по любому из каналов измерений, но и наличия превышения СКЗ виброскорости по любому из остальных каналов значения 4,5 мм/с.

Системы вибрационного контроля и защиты, построенные на базе компьютерной техники, позволяют реализовать разнообразные и сложные алгоритмы защиты, ориентированные на конкретные типы дефектов и аварийных ситуаций. Это, в свою очередь, позволяет избежать необоснованных («ложная тревога») срабатываний защитного отключения и не допустить «пропуска дефекта». Реализован и прошел апробацию на ряде турбоагрегатов алгоритм защитного отключения по вибрации, в котором учитывается несколько факторов [2, 12, 13].

Если стоит задача создания системы проактивного технического обслуживания оборудования, то возникает потребность тщательного изучения изменений вибрационного состояния технических объектов на разных режимах работы в течение их эксплуатации, обнаружения редких кратковременных изменений структуры вибрационного сигнала и выявления причинно-следственных связей между их появлением и развитием дефектов. Для этого осуществляется регистрация и анализ непрерывных вибрационных сигналов, отражающих состояние объекта, на протяжении длительных временных интервалов (часы и даже сутки).

Для практической реализации данного метода исследований разработан 16-канальный ИВК «Тембр» («Тембр-М» для амплитудно-фазовых измерений) на базе ноутбука, модуля АЦП, виброизмерительных каналов с первичными

виброизмерительными преобразователями и проблемно-ориентированного программного обеспечения [2, 15-17].

Рисунок 7. ИВК «Тембр» для непрерывной регистрации вибрационных сигналов

Измерительно-вычислительный комплекс «Тембр» (рисунок7) содержит следующие функциональные узлы и блоки:

− канал виброизмерительный двухкомпонентный (до 8), состоящий из двухкомпонентного ВИП и согласующих усилителей с полосовой частотной фильтрацией;

− блок ввода цифровых кодов в компьютер (БВЦК) по USB каналу, содержащий 16-и канальный АЦП, аналоговый коммутатор и конвертор питающего напряжения;

− мобильный компьютер типа *Note-Book*;

− соединительные кабели ВИК с БВЦК (до 50 метров).

Для обеспечения метрологических характеристик производится калибровка виброизмерительных каналов с целью определения их коэффициентов преобразования в единицах измерения $мВ \cdot с^2/м$.

Основными функциями комплекса являются:

– ввод цифровых сигналов, отражающих вибрационные колебания конструкции при импульсном возбуждении или колебания подшипниковых опор и корпусов механизмов с возвратно-поступательным или вращательным движение;

– запись принятой реализации цифрового вибрационного сигнала в файл(ы);

– оперативное определение основных параметров вибросигнала;

– представление вибрационного сигнала в графическом виде в виде временной реализации или амплитудного спектра.

Для исследования амплитудно-фазовых параметров вибрации механизмов роторного типа ИВК «Тембр» модифицирован («Тембр-М»), в результате чего обеспечена возможность параллельного ввода в компьютер вибрационных сигналов и сигнала от датчика фазовой метки. Пример использования ИВК «Тембр-М» показан на рисунке 8.

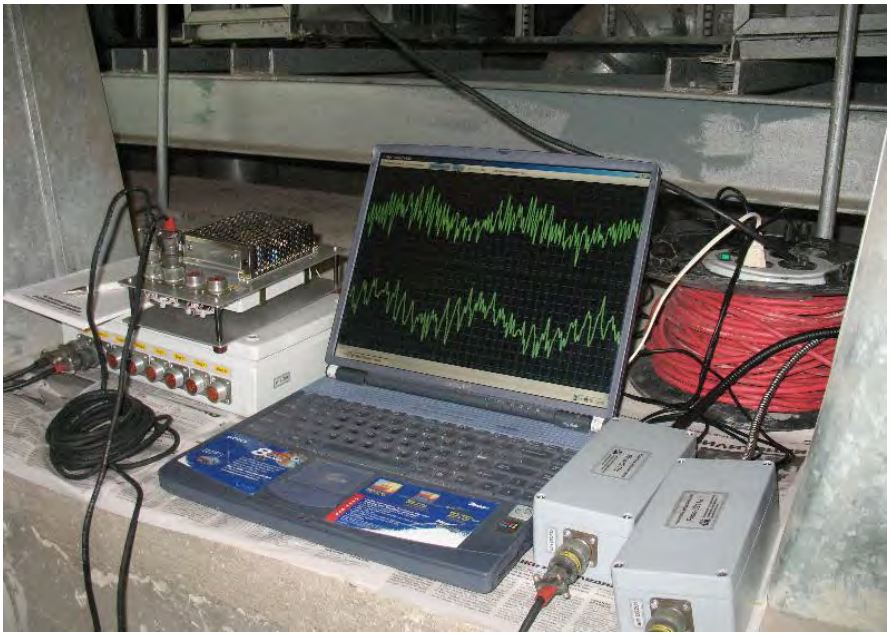


Рисунок 8. Регистрация вибрационных сигналов
при анализе вибрационного состояния вентиляционной системы

Временные тренды параметров вибрации. Данные об изменении вибрационного состояния контролируемых подшипниковых опор, получаемые ИВК «Лукомль», записываются в файлы данных. Файлы состоят из записей, каждая из которых представляет собой специальную структуру [4–7].

Для упрощения анализа эти данные представляются в виде графиков [2]. На рисунках 9, 10 показаны примеры графического отображения изменений во времени (трендов) параметров вибрации. Так как одновременное отображение большого количества параметров приводит к ухудшению их восприятия, то предлагаются следующие варианты построения графиков:

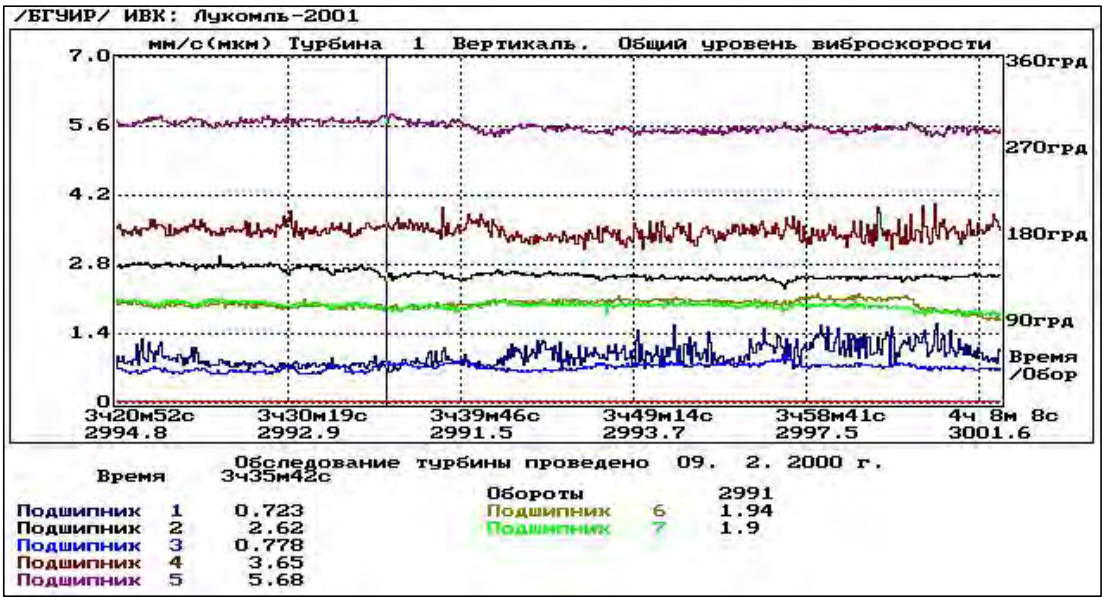


Рисунок 9. Временной тренд СКЗ виброскорости для вертикального
направления подшипниковых опор турбоагрегата

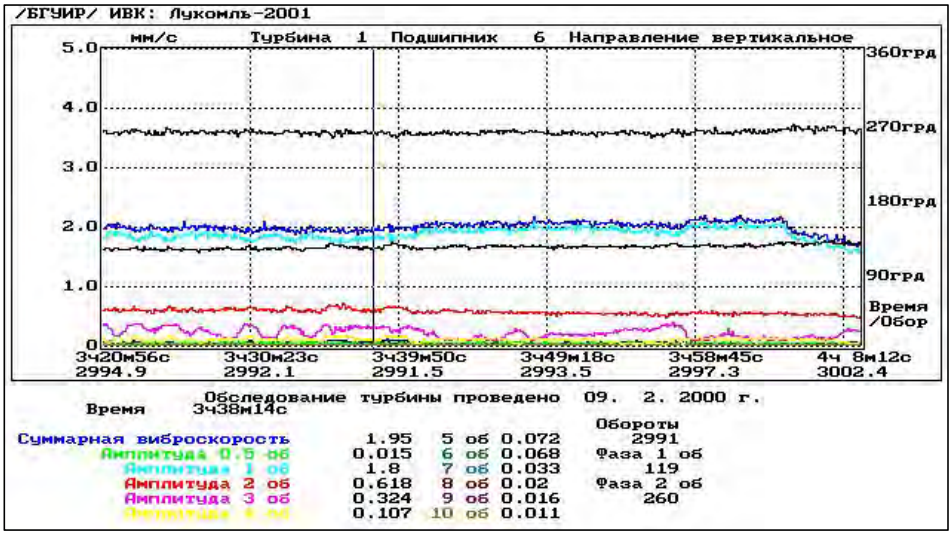


Рисунок 10. Временной тренд СКЗ виброскорости и оборотных составляющих вибрации для вертикального направления одной подшипниковой опоры турбоагрегата

− отображение значений одного из параметров вибрации для всех контролируемых подшипниковых опор (или, по выбору, некоторых из них) одного направления (например, общий уровень СКЗ для горизонтального-поперечного направления, СКЗ первой оборотной составляющей вертикального направления и т.п.);

− отображение всех вычисленных параметров вибрации (или, по выбору, некоторых из них) для одной точки контроля;

− отображение значений одного из параметров вибрации для всех направлений (или некоторых из них) одной из подшипниковых опор.

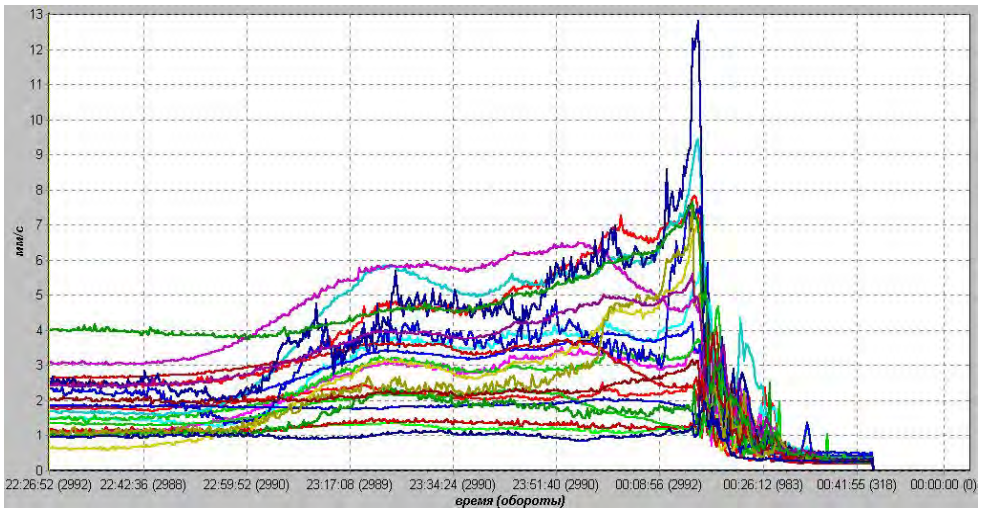


Рисунок 11. Изменение СКЗ виброскорости подшипниковых опор турбоагрегата мощностью 250 МВт, приведших к его аварийной остановке

Однако значения параметров вибрации, которые записаны в файлах, имеют некоторый случайный разброс, который может обуславливаться как особенностями реального вибрационного процесса, так и примененным методом вычисления. Представление функций со значительной случайной составляющей неудобно для общего анализа тенденций изменения параметров вибрации во времени. Для устранения такого эффекта можно применить сглаживание функций [2].

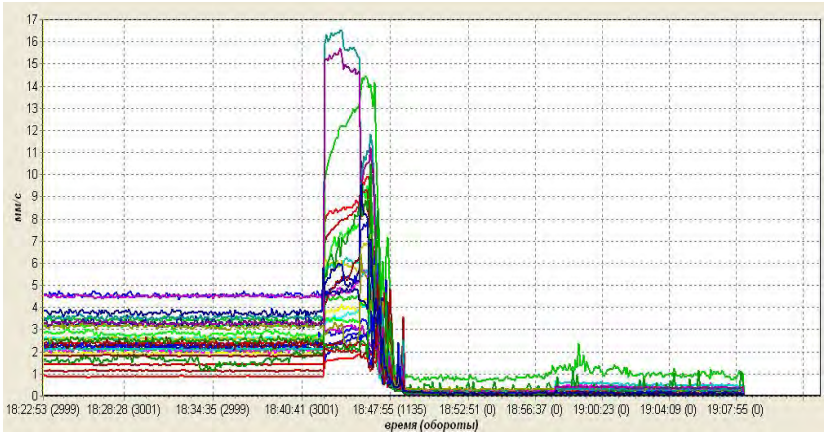


Рисунок 12. Изменение СКЗ виброскорости подшипниковых опор турбоагрегата мощностью 310 МВт при обрыве лопатки

За тридцатилетний период эксплуатации ИВК «Лукомль» было зафиксировано несколько аварийно-опасных ситуаций, когда интенсивность вибрации подшипниковых опор турбоагрегата превышала допустимые уровни и требовалась его остановка. На рисунках 11, 12 представлены изменения СКЗ виброскорости подшипниковых опор турбоагрегата при возникновении таких ситуаций [18, 19].

При решении задач технической диагностики производственного оборудования требуется определять и анализировать различные параметры и характеристики. Для механизмов и агрегатов с вращательным движением, к одним из таких, относятся вибрационные характеристики пусков-выбегов. Они представляют зависимость изменения размаха виброперемещения в точке контроля от частоты вращения вала и могут быть получены с помощью современных систем виброконтроля и программ обработки вибросигналов [10−13].

Вибрационные характеристики выбега получают при свободном торможении вращающегося вала во время остановки механизма, а пуска - при его запуске и наборе оборотов. Чаще всего их используют при оценке технического состояния механизмов и агрегатов с подшипниками скольжения (турбоагрегаты, мощные насосы и двигатели). Эти характеристики интересы тем, что во время переходного процесса, связанного с изменением частоты вращения вала, происходит вибрационное возбуждение элементов вращения и опор на собственных частотах, и параметры оборотных составляющих вибрации, вычисляемые в этих состояниях, позволяют оценить величину дисбалансов валопровода и выявить ряд других дефектов [19].

Форма вибрационных характеристик выбега весьма разнообразна, причем существенные отличия наблюдаются даже для одноименных подшипников разных однотипных механизмов. На рисунке 13 представлен пример таких характеристик.

Однако для переходных вибрационных характеристик можно выделить и некоторые закономерности, например, наличие максимумов (глобального и локального), которые по форме напоминают параболу, а также плавность изменения характеристик в какой-то частотной зоне [19].

Осуществляя сравнение самих вибрационных характеристик пусков-выбегов, полученных на протяжении некоторого, достаточно протяженного, интервала времени, можно делать выводы об изменении технического состояния механизма или агрегата [19]. Применение методов формализации принятия решений позволяет автоматизировать реализацию сравнительных процедур [19].

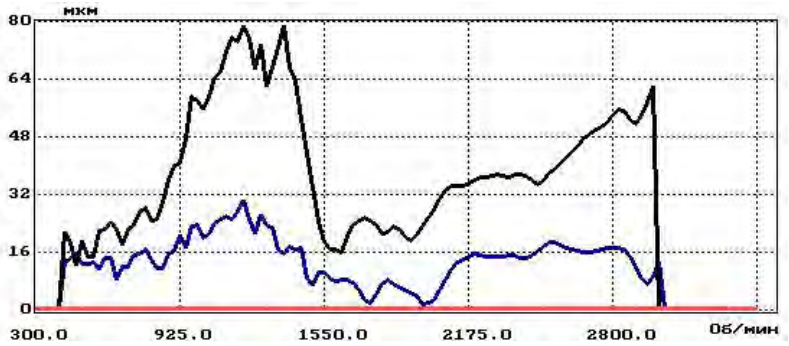


Рисунок 13. Вибрационные характеристики выбега для подшипниковой опоры турбоагрегата, полученные в разное время. Ось абсцисс – частота вращения вала, *мин*$^{-1}$; ось ординат – размах виброперемещения, *мкм*

Для специалистов в области вибрации интерес представляет изменение переходных вибрационных характеристик, полученных для одного и того же подшипника в разное время, так как их причиной может быть, например, смещение в частотной области значений собственных частот, или изменение величины дисбаланса ротора, или какие-то другие причины.

Заключение. Разработаны концептуальные основы современного научного направления «Компьютерные системы и измерительно-вычислительные комплексы цифровой обработки вибрационных сигналов». Предложены структуры ИВК на базе типовых элементов компьютерной техники. Функциональность таких ИВК определяется разработанным прикладным программным обеспечением. Данный подход снижает затраты на производство, модификацию и эксплуатацию комплексов. Обеспечивается многофункциональность и быстрая настройка под тип контролируемого оборудования. Принимаются, обрабатываются и сохраняются большие объёмы вычисленных параметров вибрационных сигналов и информативно-значимые исходные вибрационные сигналы, что стало одним из направлений концепции больших данных [18,19].

Список литературы

[1] Неразрушающий контроль: Справочник: В 7.т. Под общ. ред. В.В. Клюева. Т. 7: В 2 кн. Кн. 2: Ф. Я. Балицкий, А. В. Барков, Н. А. Баркова [и др.]. Вибродиагностика, – М.: Машиностроение, 2005. – 829 с.

[2] Бранцевич П.Ю. Компьютерные системы и комплексы обработки вибрационных сигналов – Минск: Бестпринт, 2023. – 282 с.

[3] Бранцевич П.Ю. ИВК «Лукомль-2001» для вибрационного контроля. Энергетика и ТЭК. – 2008. – № 12 (69). – С. 19–21.

[4] Бранцевич П.Ю. Разработать алгоритмические методы определения фазовых параметров вибраций роторных агрегатов. – Мн., БГУИР, 1998. – 530 с. – Деп. в БелИСА 30.10.1998, № Д199867.

[5] Бранцевич П.Ю. Измерительно-вычислительный комплекс "Лукомль-2001". Программа вибрационного контроля. Описание программы. 375.ГЛЮИ. 00001-01 13 01 ЛУ. – Минск: БГУИР-БЭРН, 1998. – 29 с.

[6] Бранцевич П.Ю. Измерительно-вычислительный комплекс "Лукомль-2001". Программа вибрационного контроля с определением амплитудных и фазовых параметров вибрации. Описание программы. 375.ГЛЮИ. 00002-01 13 01 ЛУ. – Минск: БГУИР-БЭРН, 1998. – 60 с.

[7] Бранцевич П.Ю. Разработать и внедрить комплекс программно – алгоритмических средств непрерывного вибрационного мониторинга опор роторных агрегатов электростанций на базовом образце. – Мн.: БГУИР, Деп. в БелИСА 9.03.1999 г., № Д199920, 92 с.

[8] Бранцевич П.Ю., Костюк С.Ф., Соболь Г.Г. Организация и алгоритмы системы вибрационного контроля и оценки технического состояния турбоагрегатов по вибрационным параметрам. Проблемы вибрации, виброналадки, вибромониторинга и диагностики оборудования электрических станций: сб. докладов. − М.: ВТИ. − 2003. − С. 25–29.

[9] Вибрация. Контроль состояния машин по результатам измерений вибрации на невращающихся частях. Ч. 1. Общие требования: ГОСТ ИСО 10816–1–97. – Введ. 1999–07–01. – Минск.

Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации: ИПК Изд-во стандартов, 1998. Стандартинформ, 2007. – 18 с.

[10] Агрегаты паротурбинные стационарные. Нормы вибрации опор валопроводов и общие требования к проведению измерений: ГОСТ 25364–97. – Введ. 1999–07–01. – Минск. Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации: ИПК Изд-во стандартов, 1998. Стандартинформ, 2011. – 12 с.

[11] Brancevich P. Organization of the vibration-based monitoring and diagnostics system for complex mechanical system / P. Brancevich, X. Miao, Y. Li // 20-th International Congress on Sound and Vibration 2013 (ICSV 20). – NY, USA, Curran Associates, Inc., 2014. − Vol. 1. − P. 612–619.

[12] Brancevich P.Y. Implementation of Decision-Making Systems Based on a Typical Decisive Element / P.Y. Brancevich // Doklady BGUIR. − 2023. − Vol. 21, − № 5. − С. 96–103

[13] Бранцевич П.Ю., Гузов В.А., Ероховец И.Е., Костюк С.Ф. Алгоритмы защиты по вибрации для детандер-генераторного агрегата. Проблемы вибрации, виброналадки, вибромониторинга и диагностики оборудования электрических станций: сб. докл.; под общ. ред. А.В. Салимона. – Москва: ОАО «ВТИ», 2005. – С. 122–124.

[14] Бранцевич П.Ю., Костюк С.Ф. Мониторинг вибрационного состояния сложных технических объектов. Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов: материалы 4–й международн. науч.-техн. конф. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2012. – С. 236 – 238.

[15] Бранцевич П.Ю. Методика применения измерительно-вычислительного комплекса "Тембр-М" при оценке вибрационного состояния механизмов и агрегатов. Информационные технологии. Радиоэлектроника. Телекоммуникации. – 2014. – № 4. – С. 55–67.

[16] Бранцевич П.Ю., Бобрук Е.В., Костюк С.Ф., Степанчук Н.В. Решение задач вибрационного контроля и диагностики механизмов и конструкций с использованием ИВК «Лукомль» и «Тембр». Приборостроение–2010. Материалы 3-й Международной научно-технической конференции. – Минск: БНТУ, 2010. – С. 36–38.

[17] Бранцевич П.Ю., Костюк С.Ф., Бобрук Е.В. Компьютерный анализ собственных частот и вибраций строительных конструкций. Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация: сборник докладов VI Международной научно-практической конференции. Ред. кол.: Ю.С. Иванов [и др.]. – Минск, 2011. – С. 166–172.

[18] Бранцевич, П.Ю. Цифровая обработка вибрационных сигналов / П.Ю. Бранцевич. – Минск: Бестпринт, 2022. – 297 с.

[19] Бранцевич, П.Ю. Оценка технического состояния механизмов с вращательным движением на основе анализа вибрационных характеристик пусков и выбегов / П.Ю. Бранцевич. – Минск: Четыре четверти, 2021. – 236 с.

Авторский вклад

Бранцевич Петр Юльянович – цифровая обработка сигналов и данных в измерительно-вычислительных комплексах, формирование статьи.

DIGITAL SIGNAL AND DATA PROCESSING IN MEASURING AND COMPUTING COMPLEXES AND VIBRATION CONTROL AND MONITORING SYSTEMS

P.J. Brancevich
Grand PhD courses of BSUIR,
PhD of Technical Sciences,
Associate Professor

Abstract. Since the beginning of the 90s, the laboratory of vibration diagnostic systems began the development, implementation and introduction into industrial operation of computer measuring and computing complexes (MCS) for continuous vibration control, monitoring and automatic protection of complex mechanisms and units with rotational motion, as well as MCS for recording and processing long temporary implementations of vibration signals. The result of the MCS is files of daily time trends for 14 vibration parameters with a time step of 1-8 seconds for each control point at the operating facility and files of vibration signals. Methods and algorithms for processing the received big data are considered in order to determine informationally significant parameters and characteristics for their further use in automated and automatic decision-making systems.

Keywords: signal, vibration, digital processing, parameter, characteristic, solution

УДК 616.89-08:004.3:004.42:004.9

ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАММ

П.Ю. Бранцевич
Докторант БГУИР,
кандидат технических
наук, доцент
branc@bsuir.edu.by

П.Ю. Бранцевич

С 1985 года работал в области разработки архитектуры, методов, алгоритмов и программного обеспечения компьютерных систем и комплексов для определения метрологических характеристик виброизмерительных преобразователей и виброустановок, решения задач вибрационного контроля, мониторинга, диагностики и автоматики защиты сложных механизмов и агрегатов с вращательным движением. С 1995 по 2019 годы научный руководитель НИЛ «Систем вибродиагностики» БГУИР. Более сорока измерительно-вычислительных комплексов вибрационного контроля и мониторинга внедрены и введены в промышленную эксплуатацию на предприятиях энергетики Беларуси. Являлся научным руководителем и исполнителем четырех заданий Государственной научно-технической программы (ГНТП) «Энергетика», двух заданий ГНТП «Защита от чрезвычайных ситуаций», четырех заданий ГПНИ «Диагностика», более ста хозяйственных договоров. Автор трех монографий.

Аннотация. Медицинская и технической диагностика имеют много общего при оценке состояния наблюдаемого объекта и принятии решений о характере реакции или воздействии на объект. Создание новых и совершенствование уже существующих методов оценки состояния человека является важным направлением медицинских и междисциплинарных исследований. Цифровая обработка электроэнцефалограмм (ЭЭГ), отражающих в определённом смысле состояние нейронной сети головного мозга человека, является современным методом определения их информативно-значимых параметров и характеристик. Рассмотрены способы сравнительного анализа ЭЭГ для оценки влияния электросудорожной терапии на состояние нейронной сети головного мозга человека. Представлены результаты обработки экспериментальных данных.

Ключевые слова: сигнал, электроэнцефалограмма, параметр, характеристика, цифровая обработка, решение.

Введение. Медицинская диагностика, как набор правил, методов и решений, которые позволяют оценить состояние человека, выявить на ранней стадии наличие определённого заболевания, имеет много общего с технической диагностикой [1]. Разработка новых и совершенствование уже существующих методов оценки состояния, эффективности применяемых методик лечения человека является важным направлением медицинских и междисциплинарных исследований. Вычислительная и информационная мощность современных технических средств, в том числе и мобильных, позволяет создавать новые методологии обработки больших массивов данных и длинных реализаций разнообразных сигналов.

Работа головного мозга сопровождается изменением электромагнитного поля на поверхности головы, которое можно зафиксировать специальными первичными

преобразователями и представить в виде изменяющихся параметров тока или напряжения, что и происходит, когда снимают электроэнцефалограмму (ЭЭГ) [2−4]. ЭЭГ – это результат процедуры, которая проводится для определения электрической активности головного мозга. ЭЭГ можно использовать для выявления симптомов нарушения работы головного мозга, оценки характера отклонений и степень их распространённости [4−6].

Цифровая обработка сигналов электроэнцефалограмм. Электроэнцефалограмма отражает колебания напряжения в результате ионного тока в нейронах головного мозга и является электрическим сигналом, как результатом спонтанной электрической активности мозга в течение определенного периода времени, полученным с нескольких электродов на поверхности головы или скальпа. Стандартной системой размещения электродов на поверхности головы, рекомендованной Международной федерацией электроэнцефалографии и клинической нейрофизиологии является система «10−20%» [7].

Одним из способов представления ЭЭГ являются цифровые сигналы, которые можно исследовать с помощью методов цифровой обработки сигналов (ЦОС) [8−12]. Актуальной задачей исследования ЭЭГ является определение информативно значимых признаков, по изменению которых можно делать выводы о нарушении работы нейронной сети головного мозга человека, либо об эффективности применяемых методик лечения.

Одним из применяемых методов лечения тяжелых депрессий и эпилепсий является электросудорожная терапия (ЭСТ), при которой осуществляется пропускание электрического тока через головной мозг пациента с целью достижения лечебного эффекта [13].

Нейронная сеть головного мозга человека подвергается сильному воздействию, однако пока не существует объективных информативно-значимых признаков на основе анализа ЭЭГ, которые показывали бы эффективность проведенных процедур ЭСТ.

Рассмотрим некоторые особенности сигналов ЭЭГ, проявляющиеся при их цифровой обработке. В качестве примера на рисунках 1−4 показаны временные реализации и амплитудные спектры сигналов ЭЭГ (отведение O1-AA).

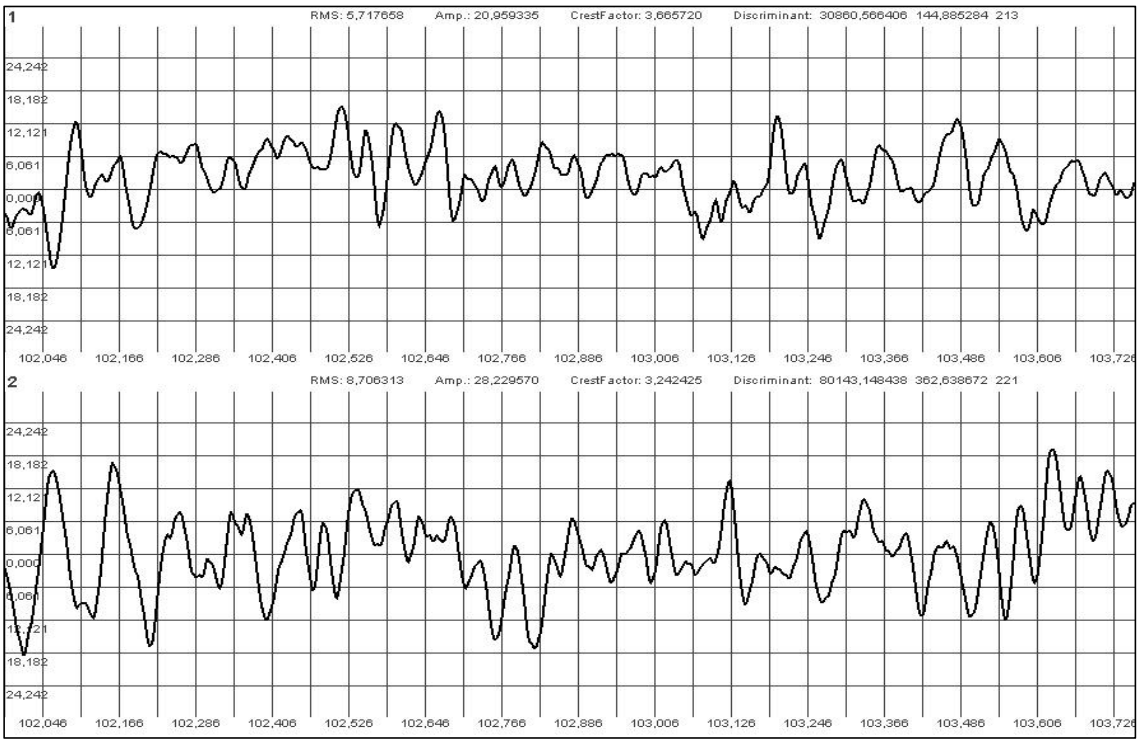


Рисунок 1. Сигналы ЭЭГ, полученные при частоте дискретизации 500 *Гц* до и после процедур ЭСТ

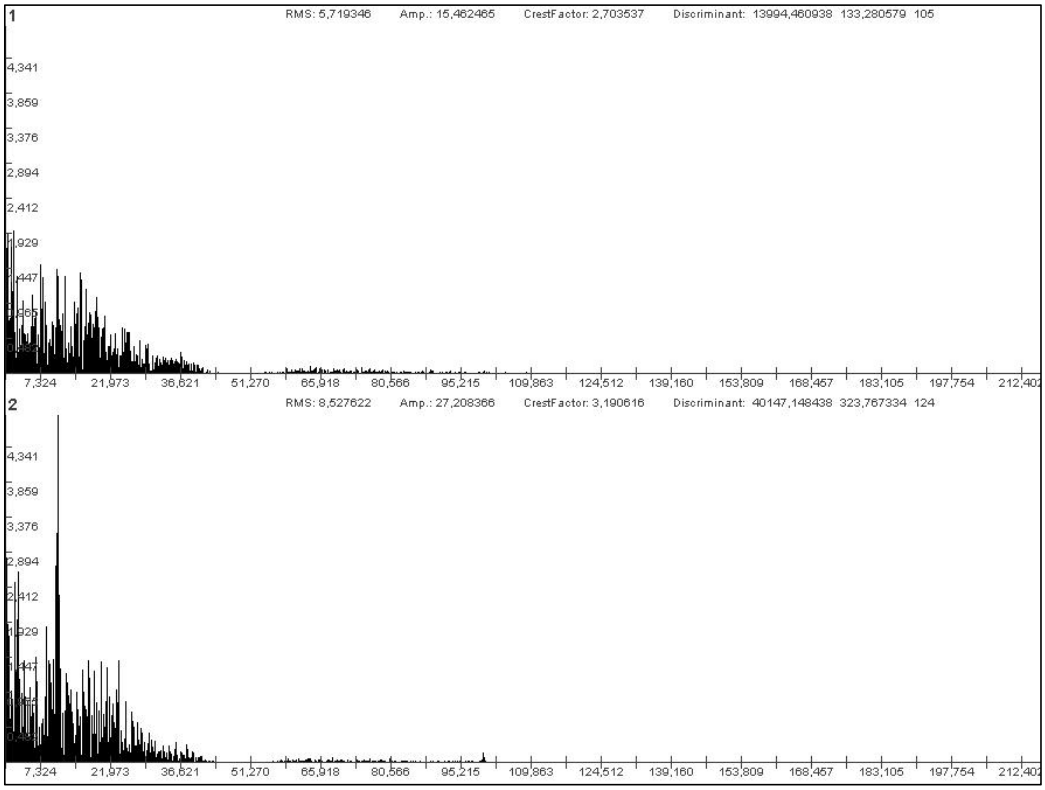


Рисунок 2. Амплитудные спектры сигналов ЭЭГ, полученных до и после процедур ЭСТ. Интервал анализа 4.096 *с*, частотное разрешение 0.244 *Гц*

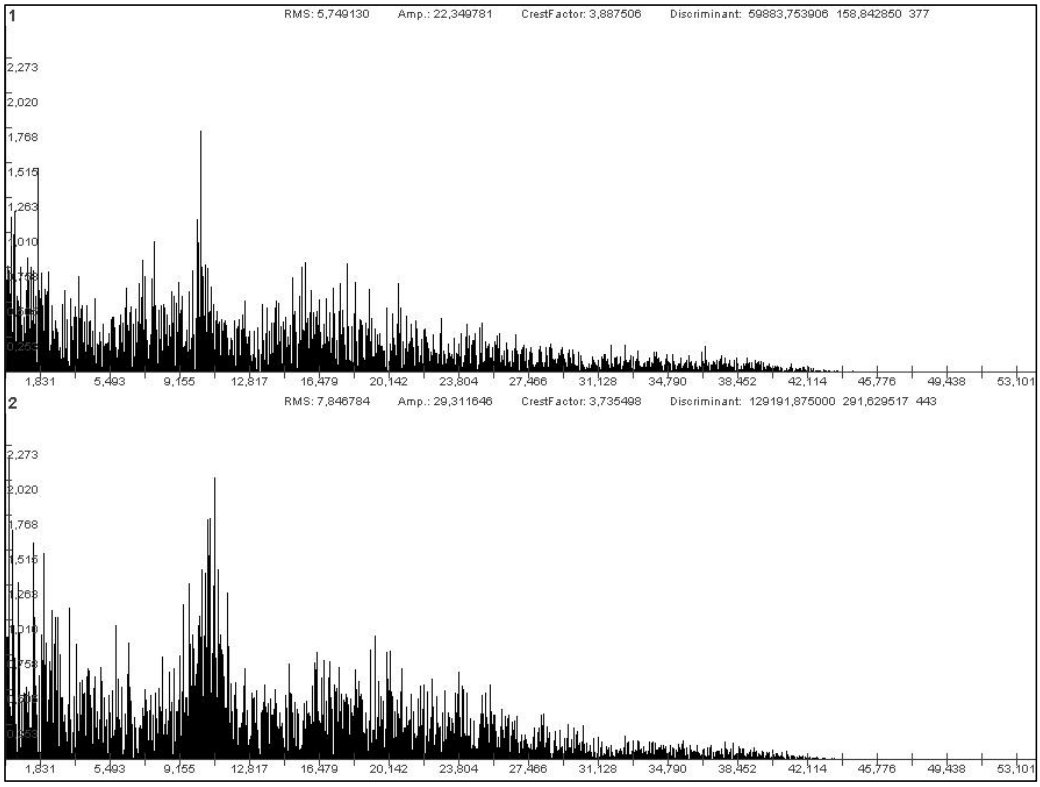


Рисунок 3. Амплитудные спектры сигналов ЭЭГ, полученных до и после процедур ЭСТ. Интервал анализа 16.384 *с*, частотное разрешение 0.061 *Гц*

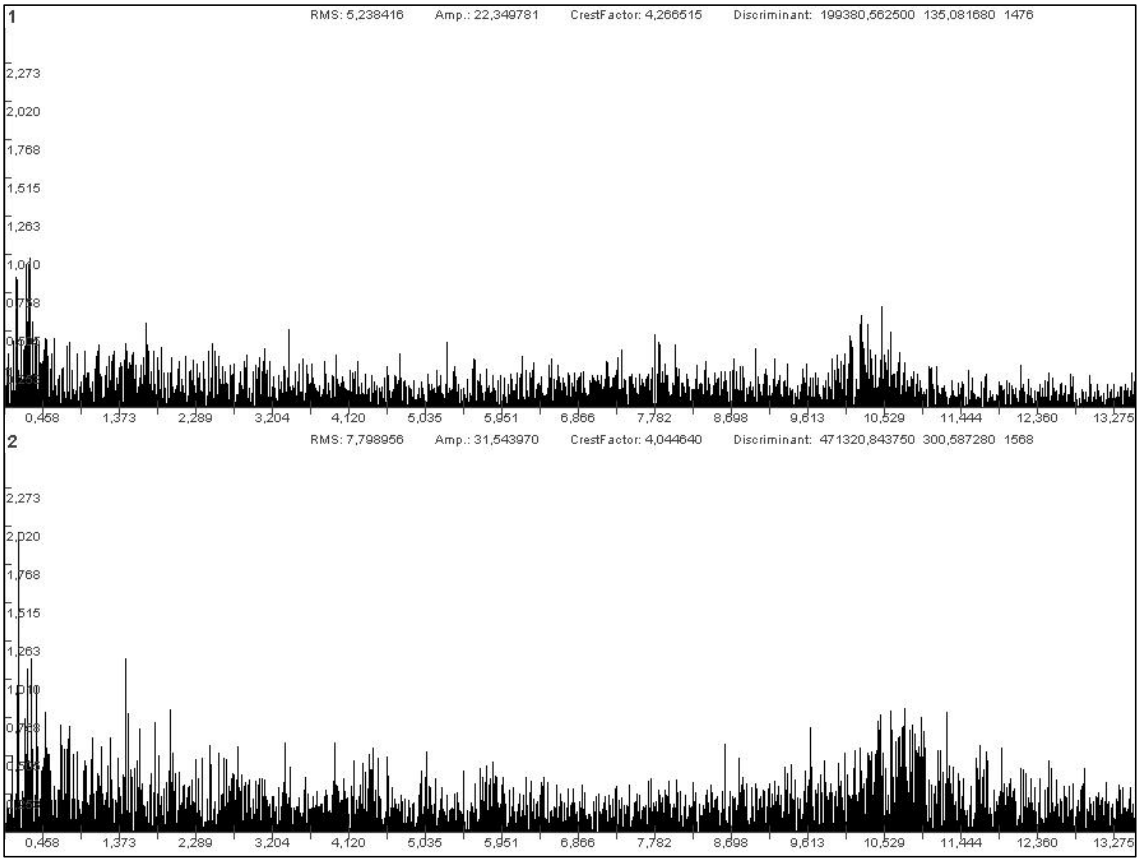


Рисунок 4. Амплитудные спектры сигналов ЭЭГ, полученных до и после процедур ЭСТ. Интервал анализа 65.536 *с* Частотное разрешение 0.015 *Гц*

Спектральный анализ показывает, что при изменении частотного разрешения изменяются параметры гармонических составляющих, представляющих сигнал ЭЭГ на разных временных интервалах, при этом заметно сохранение интенсивности сигнала в определённых частотных полосах.

В настоящее время для оценки сигналов ЭЭГ анализируется мощность сигнала в частотных полосах, называемых: альфа (8-13 Гц); бета (13-35 Гц); гамма (35-70 Гц); дельта (0.3-4 Гц); тэта (4-8 Гц) [10−11].

На рисунках 5-7 представлены полосовые спектры сигналов ЭЭГ, полученные до и после процедур ЭСТ на временном интервале 8,192 *с*. Границы частотных полос 0.3, 4, 8, 13, 35, 70, 125 *Гц*.

В большинстве случаев наблюдается существенное изменение полосовых спектров, после проведения процедуры ЭСТ, однако имеют место и случаи, когда полосовые спектры сохраняют близкие к исходному соотношения интенсивностей колебаний в частотных полосах.

Больше информации можно получить, анализируя временные тренды параметров ЭЭГ, варируя шаг по времени и протяжённость интервала наблюдения. На рисунках 9-12 показаны временные тренды параметров для сигнала ЭЭГ. Можно заметить колебательный во времени характер изменения среднего квадратического значения (СКЗ) сигнала ЭЭГ и СКЗ в отдельных частотных полосах. При интервале анализа в 65 секунд амплитуда колебаний СКЗ уменьшается, а изменение тренда приобретает плавный характер. Такие данные уже можно использовать для визуального сравнительного анализа.

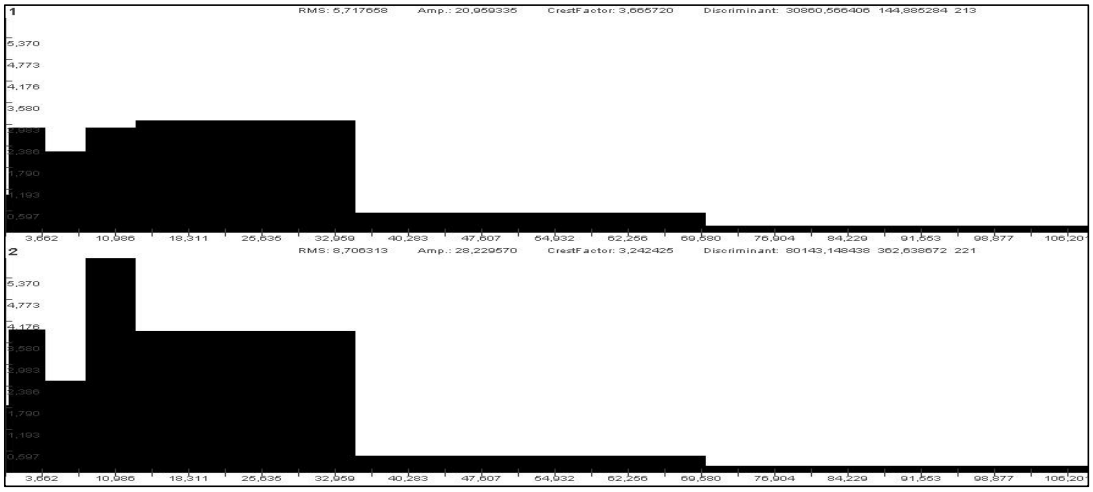


Рисунок 5. Полосовые спектры сигналов ЭЭГ, полученные до и после процедур ЭСТ на временном интервале 8,192 *с*. Эксперимент 1.

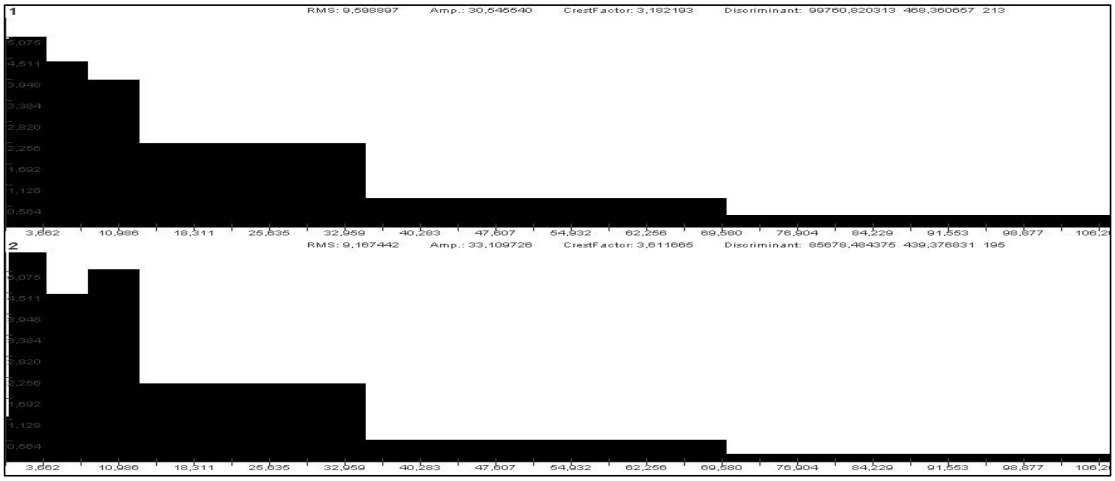


Рисунок 6. Полосовые спектры сигналов ЭЭГ, полученные до и после процедур ЭСТ на временном интервале 8,192 *с*. Эксперимент 2.

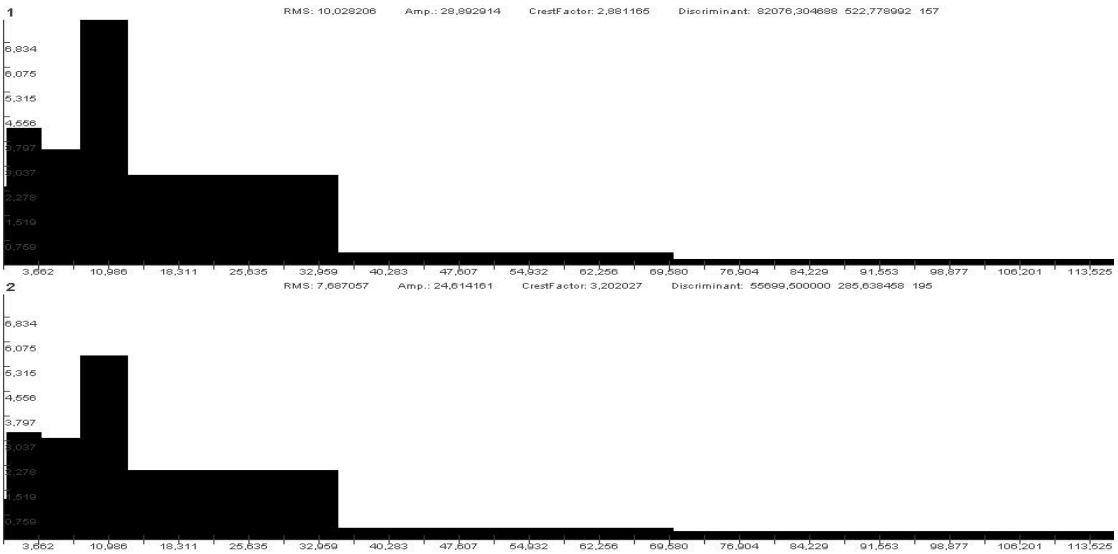


Рисунок 7. Полосовые спектры сигналов ЭЭГ, полученные до и после процедур ЭСТ на временном интервале 8,192 *с*. Эксперимент 3.

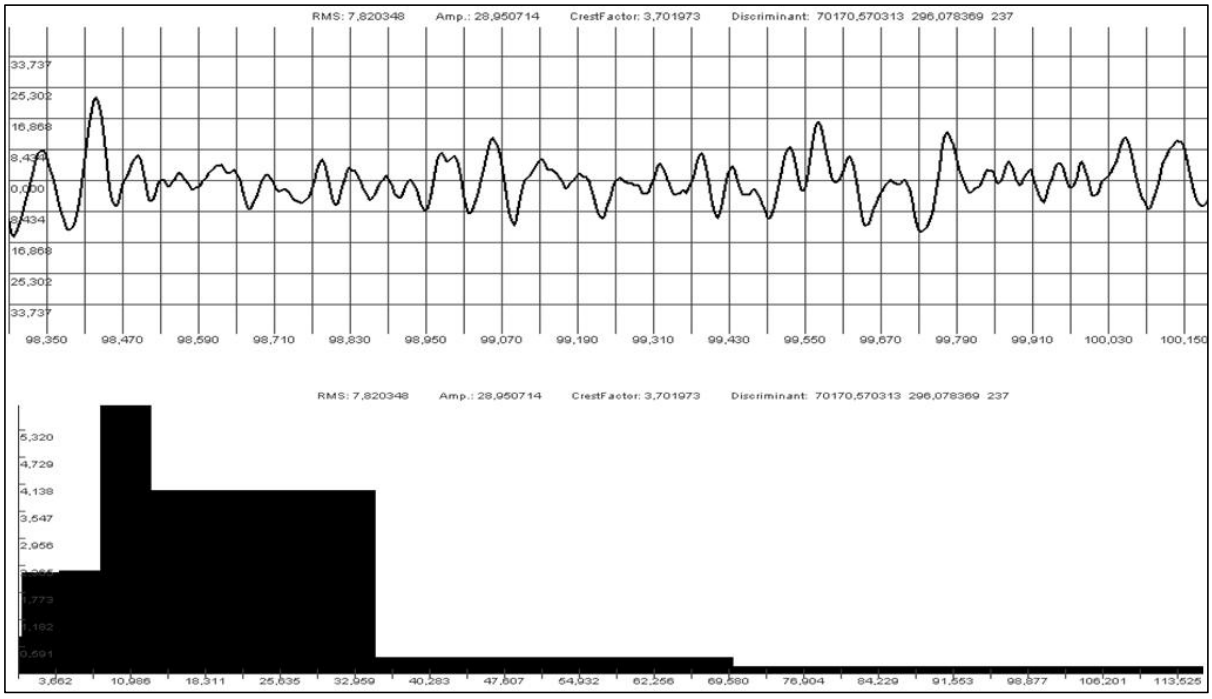


Рисунок 8. Исследуемая временная реализация сигнала ЭЭГ и её полосовой спектр

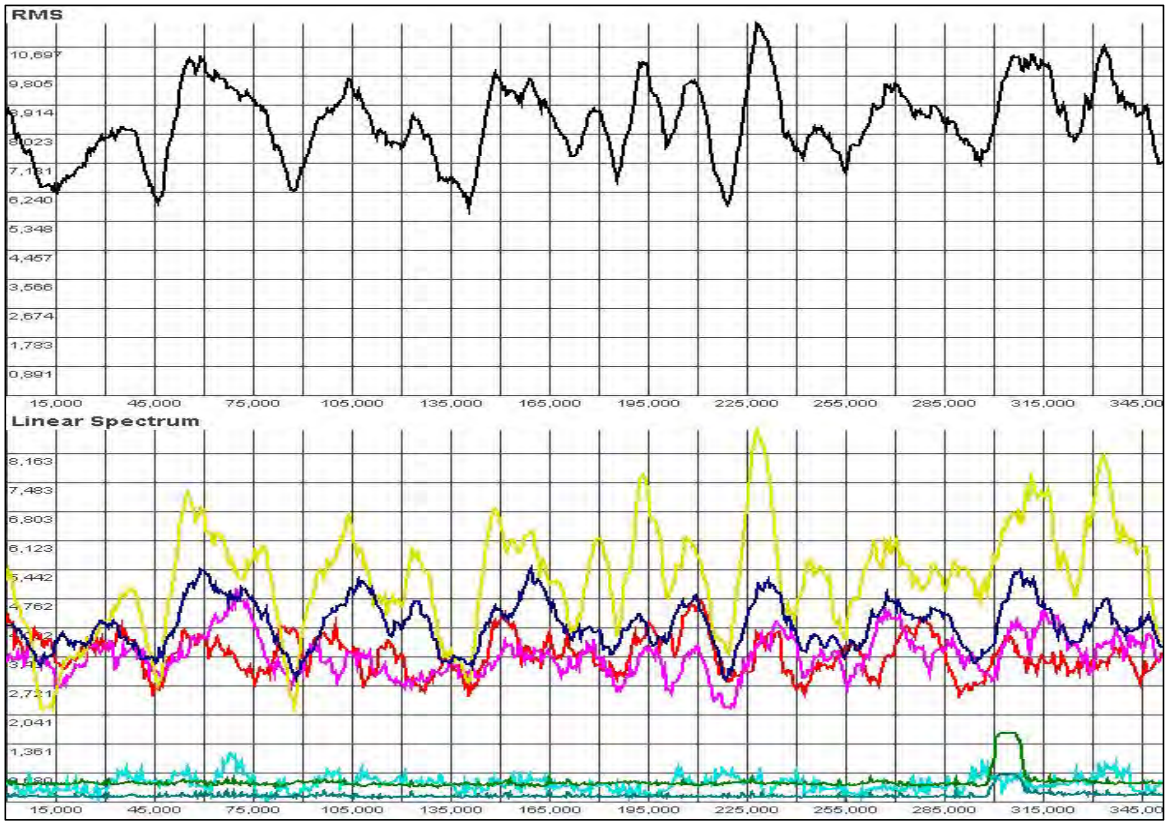


Рисунок 9. Временные тренды СКЗ сигнала ЭЭГ и СКЗ в частотных полосах шаг по времени 0.5 *с*, интервал анализа 8.192 *с*

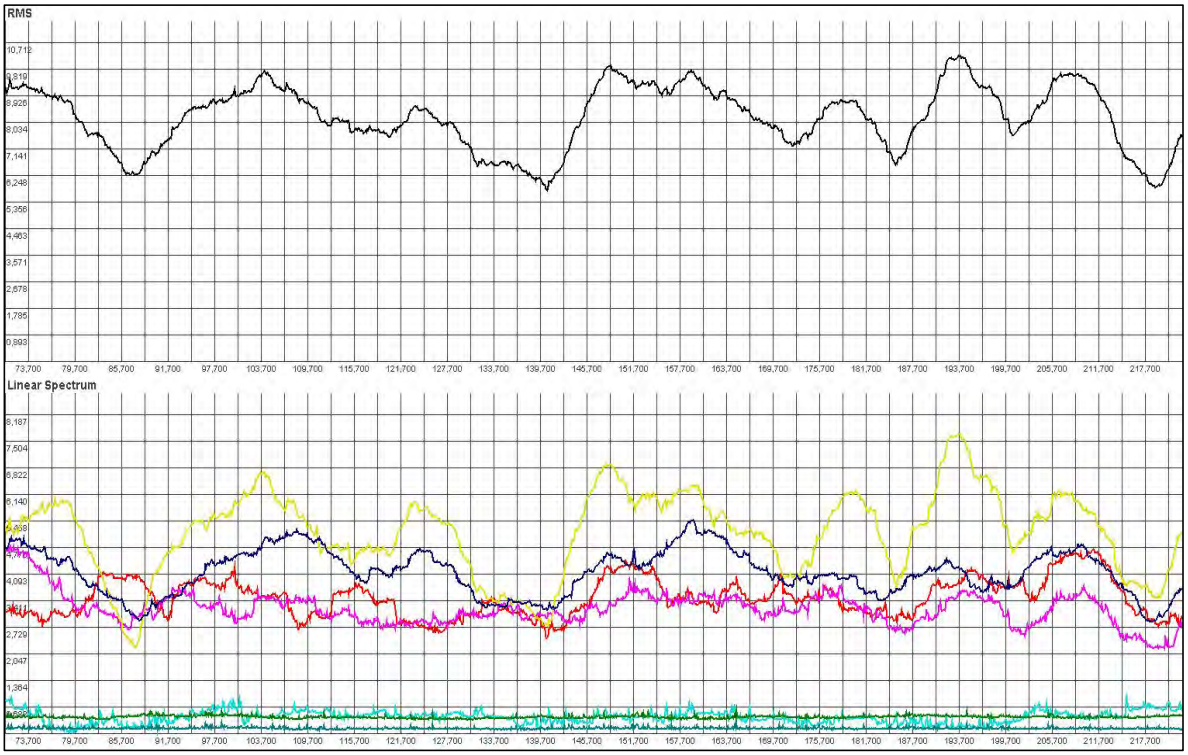


Рисунок 10. Временные тренды СКЗ сигнала ЭЭГ и СКЗ в частотных полосах шаг по времени 0.1 *с*, интервал анализа 8.192 *с*

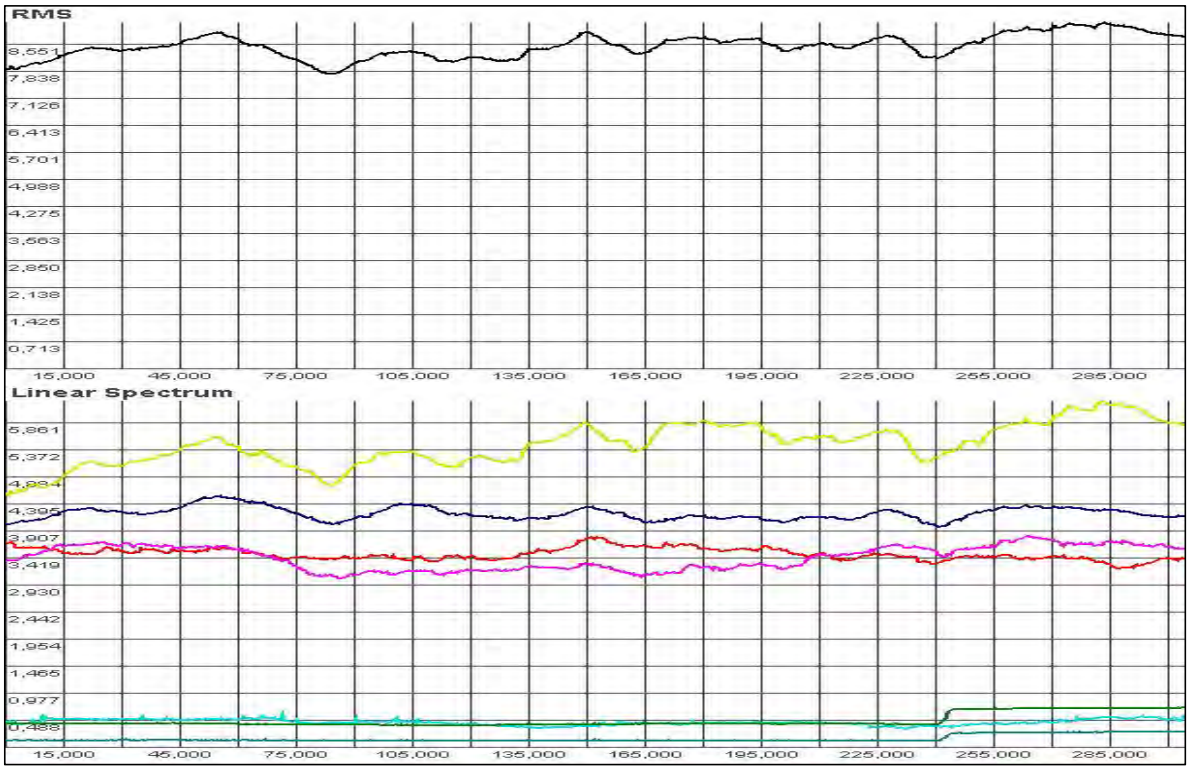


Рисунок 11. Временные тренды СКЗ сигнала ЭЭГ и СКЗ в частотных полосах шаг по времени 0.5 *с*, интервал анализа 65.536 *с*

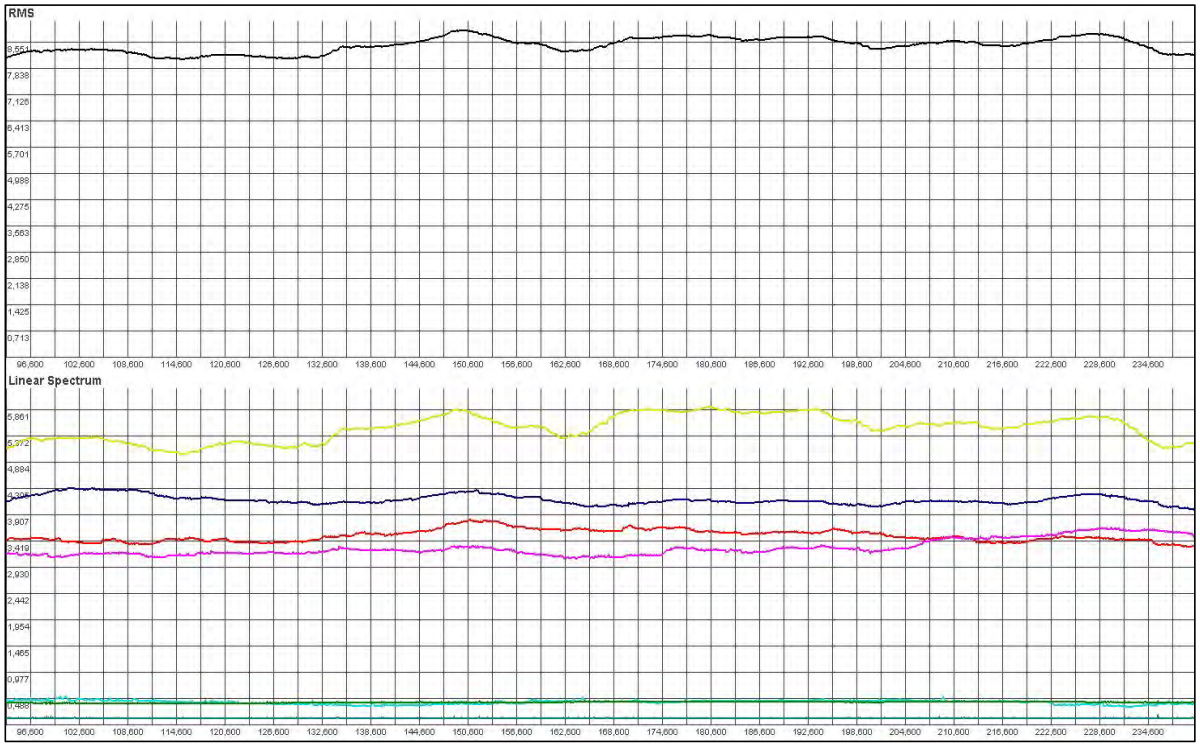


Рисунок 12. Временные тренды СКЗ сигнала ЭЭГ и СКЗ в частотных полосах шаг по времени 0.1 *с*, интервал анализа 65.536 *с*

Применение огибающих при сравнительном анализе ЭЭГ. В качестве параметров для сравнительного анализа электроэнцефалограмм предлагается использовать параметры составляющих сигналов, выделенных из ЭЭГ, и их огибающих.

Выделение сигнала в частотной полосе производится путем фильтрации с использование алгоритма быстрого преобразования Фурье. Для вычисления огибающей сигнала применяется преобразование Гильберта [12]. На рисунках 13−16 показана последовательность преобразований сигналов ЭЭГ.

На первом этапе выделяются составляющие сигнала ЭЭГ в частотной полосе 6-12 Гц (рисунки 13−14). Можно предположить, что эти составляющие представляют собой несущую с амплитудной или фазо-частотной модуляцией.

Затем для выделенных составляющих ЭЭГ вычисляется огибающие (рисунки 15, 17). А на следующем этапе определяются амплитудные спектры огибающих (рисунки 16, 18).

Полученные амплитудные спектры огибающих содержат отличающиеся информативно-значимые признаки. Так до проведения процедуры ЭСТ значимыми по амплитуде являются гармоники с частотами 0.61 *Гц*, 0.98 *Гц*, 1.59 *Гц*, 2.44 *Гц*, а после проведения процедуры ЭСТ гармоники с частотами 0.37 *Гц*, 1.1 *Гц*, 3.05 *Гц*. Изменение параметров наибольших гармоник амплитудного спектра огибающей и может стать индикатором действенности процедуры ЭСТ.

Заключение. Электроэнцефалография является одним из способов исследования состояния нейронной сети головного мозга человека, а её результаты находят применение в медицинской практике. Вычислительные мощности современных малогабаритных компьютеров, смартфонов, встроенных систем позволяют реализовать различные трудоёмкие алгоритмы цифровой обработки ЭЭГ для определения их информативно значимых параметров и характеристик. В данной работе представлены результаты исследований, целью

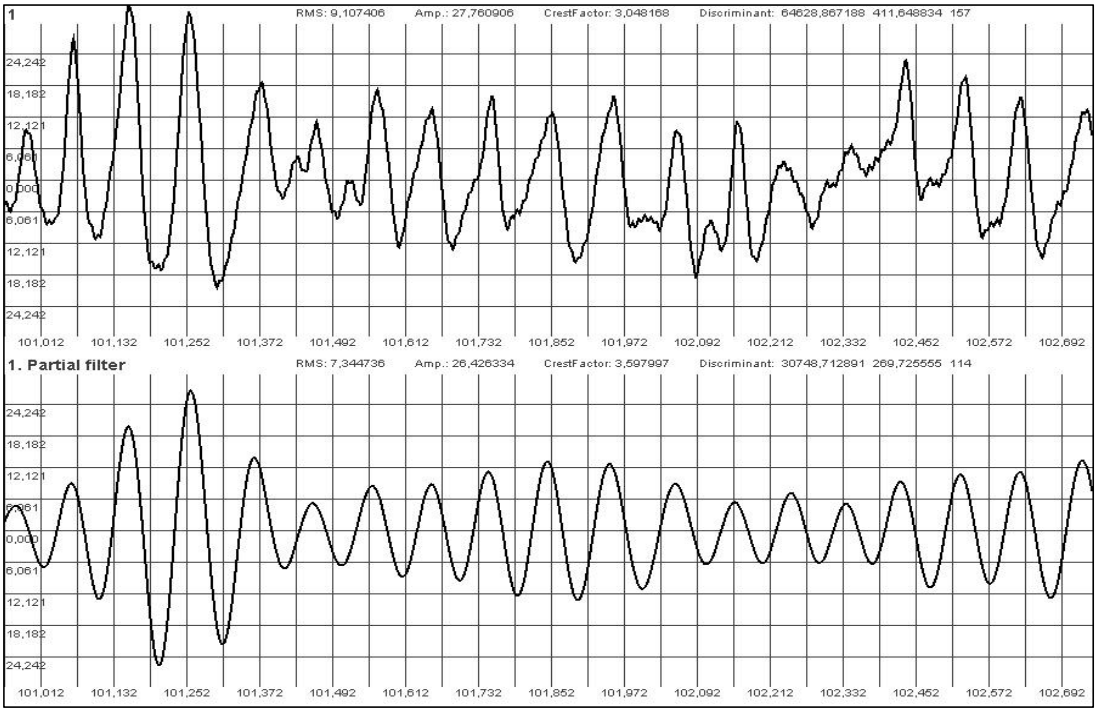


Рисунок 13. Исследуемый сигнала ЭЭГ и его составляющая в частотной полосе 6−12 *Гц* до проведения процедуры ЭСТ, интервал анализа 8.192 *с*

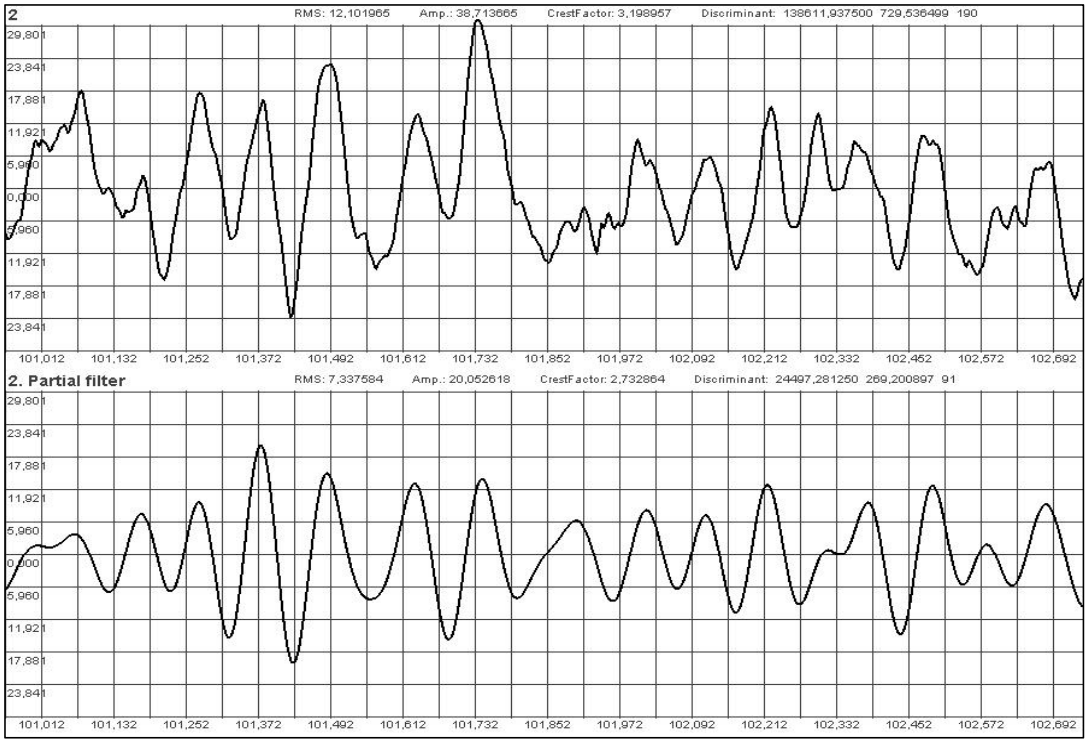


Рисунок 14. Исследуемый сигнала ЭЭГ и его составляющая в частотной полосе 6−12 *Гц* после проведения процедуры ЭСТ, интервал анализа 8.192 *с*

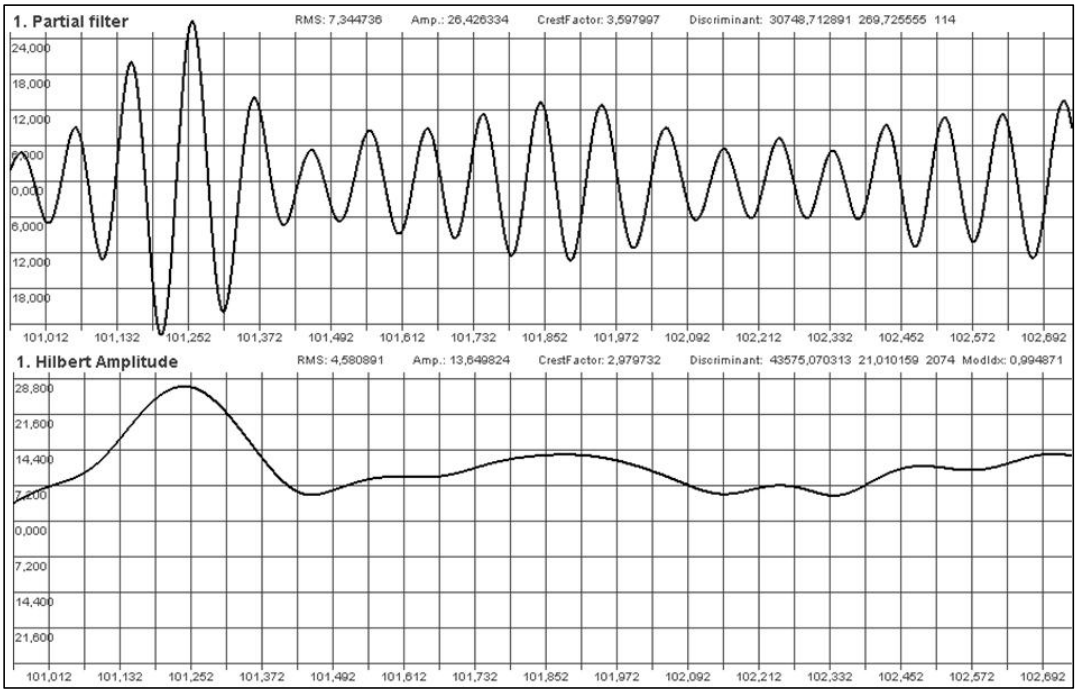


Рисунок 15. Составляющая ЭЭГ в частотной полосе 6−12 *Гц* и её огибающая до проведения процедуры ЭСТ

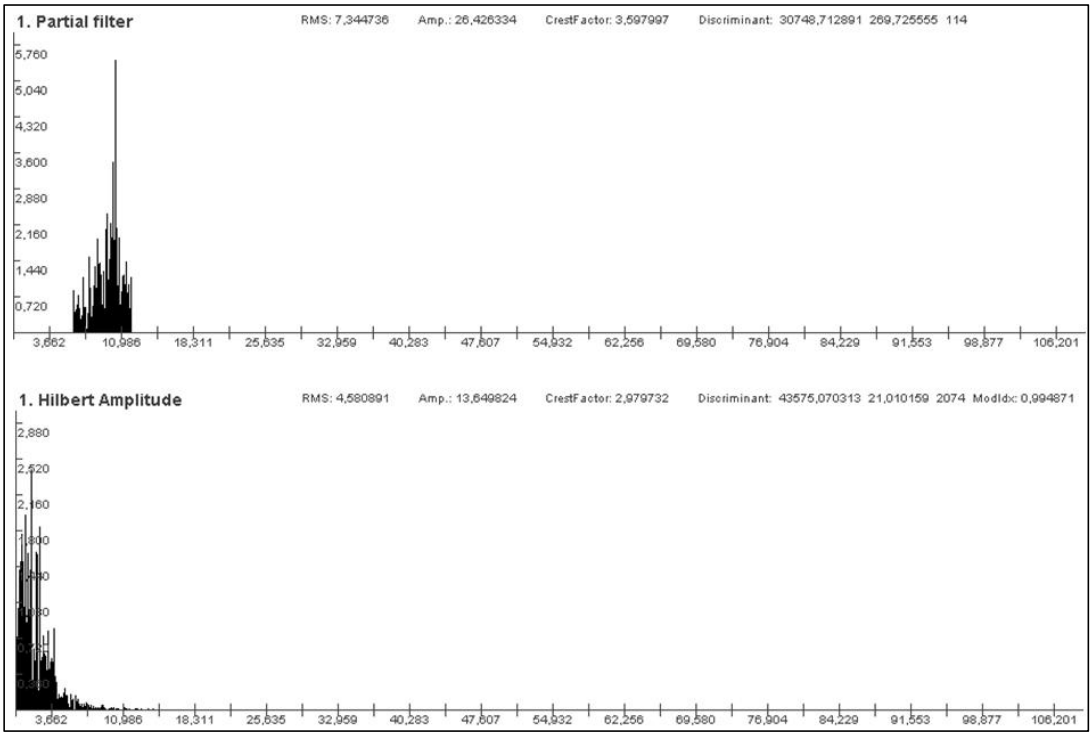


Рисунок 16. Амплитудные спектры составляющей сигнала ЭЭГ и его огибающей до проведения процедуры ЭСТ

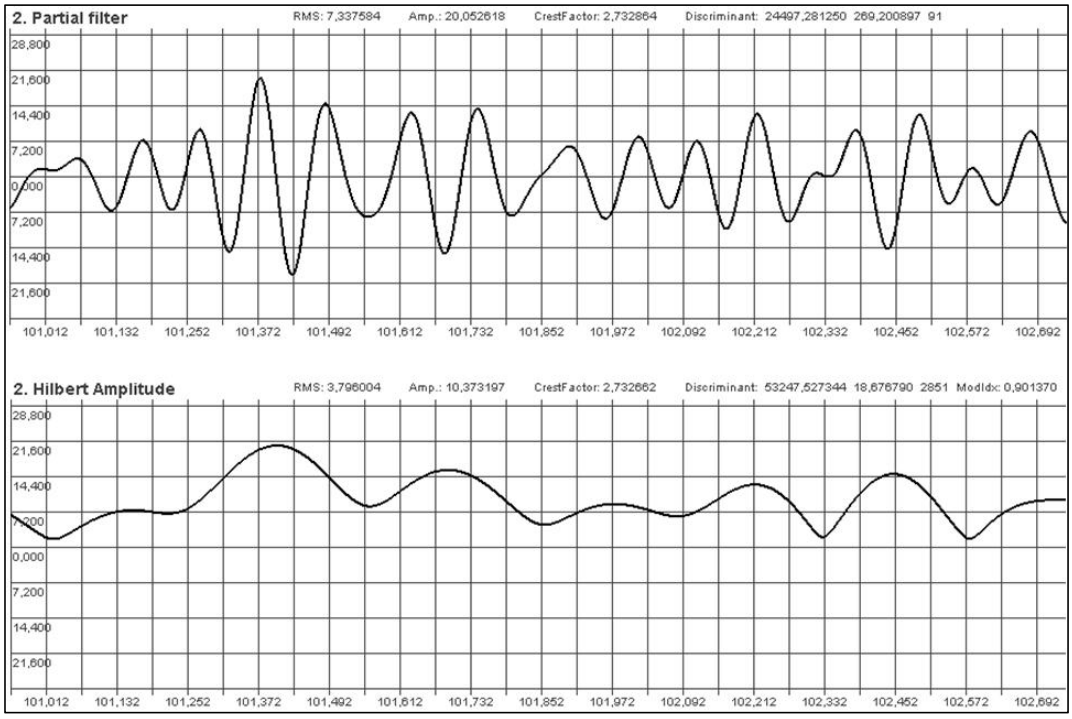


Рисунок 17. Составляющая ЭЭГ в частотной полосе 6−12 *Гц* и её огибающая после проведения процедуры ЭСТ

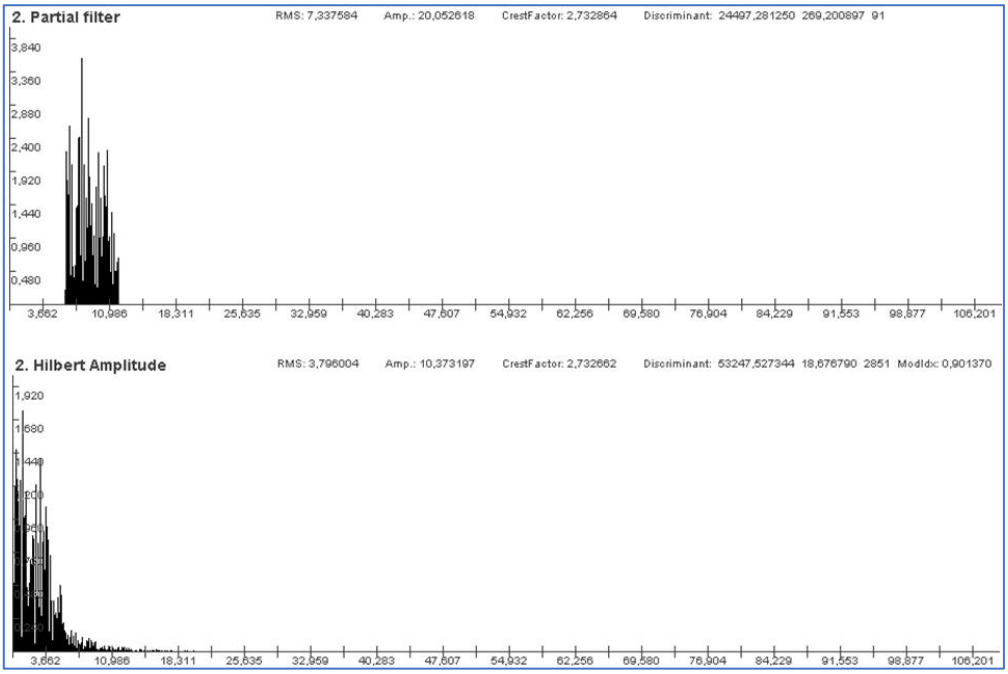


Рисунок 18. Амплитудные спектры составляющей сигнала ЭЭГ и его огибающей после проведения процедуры ЭСТ

Которых являлось определение стационарности параметров ЭЭГ, а также возможностей цифровой фильтрации и параметров огибающих сигналов для сравнительного анализа ЭЭГ. Однако полученные результаты требует подтверждения на большом объеме реальных данных. Также следует учитывать, что рассмотрен только один из вариантов обработки сигналов ЭЭГ. Для детального исследования составляющих

сигналов ЭЭГ в частотно-временной области могут быть использованы вейвлетов или преобразование Гильберта-Хуанга [12].

Список литературы

[1] Барков А.В., Баркова Н.А., Азовцев А.Ю. Мониторинг и диагностика роторных машин по вибрации. СПб.: Изд. центр СПбГМТУ; 2000.

[2] Бранцевич П.Ю. Сравнительный анализ электроэнцефалограмм. BIG DATA и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics: сб. науч. ст. IX Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 1 (Республика Беларусь, Минск, 17–18 мая 2023 года). Редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск: БГУИР, 2023. – с. 132–144.

[3] Бранцевич П.Ю. Информативные параметры электроэнцефалограмм. Прикладные проблемы оптики, информатики, радиофизики и физики конденсированного состояния: материалы седьмой Междунар. науч.-практ. конф. 18-19 мая 2031 г., Минск, М-во образования Респ. Беларусь, НИУ «Ин-т приклад. физ. проблем им. А. Н. Севченко» Беларус. Гос. ун-та; редкол.: Ю.И. Дудчик (гл. ред.), И.М. Цикман, И.Н. Кольчевская. − Минск: ОДО «Рейплац», 2023. – с. 137–139.

[4] Павлова Л. П. Доминанты деятельного мозга человека. Системный психофизиологический подход к анализу ЭЭГ. СПб.: Информ-навигатор; 2017. 430 с.

[5] Зенков, Леонид Ростиславович. Клиническая электроэнцефалография (с элементами эпилептологии) [Текст] / Л. Р. Зенков. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: МЕДпресс-информ, 2002. - 368 с.

[6] Визуальная и компьютерная ЭЭГ в клинической практике [Текст] / Т. В. Докукина, Н. Н. Мисюк. - Минск: Кнігазбор, 2011. - 187 с.

[7] Татум У.О., Хусейн А.М., Бенбадис С.Р., Каплан П.В. Клиническая интерпретация электроэнцефалографии. Пер. с англ. - М.: Издательский дом БИНОМ. 2020. - 264 с

[8] Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. – М.: ООО «Бином-Пресс», 2006. – 656 с.

[9] Айфичер Э.С., Джервис Б.У. Цифровая обработка сигналов: практический подход. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2008. – 992 с.

[10] Кулаичев А.П. Компьютерная электрофизиология и функциональная диагностика. Москва: ИНФРА-М; 2018. – 469 с.

[11] Электроэнцефалография: руководство / М.В. Александров, Л.Б. Иванов, С.А. Лытаев [и др.]. Под ред. М.В. Александрова. 3-е изд., перераб. и доп. – Санкт-Петербург: СпецЛит, 2020. — 224 с.

[12] Бранцевич П.Ю. Цифровая обработка вибрационных сигналов. – Минск: Бестпринт, 2022. – 297 с.

[13] Метод лечения резистентных форм психических и поведенческих расстройств с использованием электросудорожной терапии. Инструкция по применению / Докукина Т.В. [и др.]. Утв. М-вом здравоохранения Респ. Беларусь 20.01.2015. – Минск: Министерство здравоохранения РБ, 2015. – 11 с.

Авторский вклад

Бранцевич Петр Юльянович – цифровая обработка сигналов и сравнительный анализ электроэнцефалограмм, формирование статьи.

DIGITAL PROCESSING AND COMPARATIVE ANALYSIS OF ELECTROENCEPHALOGRAMS

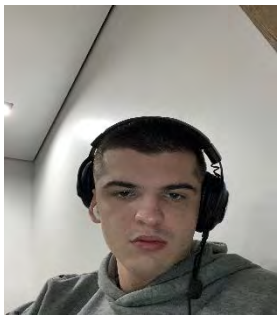
P.J. Brancevich
Grand PhD courses of BSUIR,
PhD of Technical Sciences,
Associate Professor

Abstract. Medical and technical diagnostics have much in common when assessing the condition of an observed object and making decisions about the nature of the reaction or impact on the object. The creation of new and improvement of existing methods for assessing the human condition is an important area of medical and interdisciplinary research. Digital processing of electroencephalograms (EEG), which in a certain sense reflect the state of the neural network of the human brain, is a modern method for determining their informatively significant parameters and characteristics. Methods for comparative analysis of EEG are considered to assess the effect of electroconvulsive therapy on the state of the neural network of the human brain. The results of processing experimental data are presented.

Keywords: signal, electroencephalogram, parameter, characteristic, digital processing, solution

УДК 004.65:004.9

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIG DATA ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА В ADOBE AFTER EFFECTS



К.И. Давыдович
Ассистент кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР
davidovich@bsuir.by

В.А. Буд-Гусаим
Студент кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР
mrhorosho2abdva@gmail.com

А.Н. Василькова
Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики, БГУИР
a.vasilkova@bsuir.by

К.И. Давыдович
Ассистент кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР, магистр технических наук.
Образование:
2007 - Минский государственный высший радиотехнический колледж по специальности «Техническая эксплуатация радиоэлектронных средств»
2012 - БГУИР по специальности «Многоканальные системы телекоммуникаций»
2017 - магистратура БГУИР по специальности «Психология труда, инженерная психология, эргономика».
Область профессиональных интересов/исследований - Информационные технологии, психология труда.

В.А. Буд-Гусаим
Студент кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР.
Область профессиональных интересов / исследований: языки программирования, искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности.

А.Н. Василькова
Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики.
Образование: 2007 - МГВРК по специальности «Программное обеспечение информационных технологий»,
2022 - магистратура БГУИР по специальности «Охрана труда и эргономика».
Область профессиональных интересов / исследований: языки программирования, искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности.

Аннотация. В этой научной работе исследуется применение технологий *Big Data* для повышения эффективности рабочих процессов в программе *Adobe After Effects*. Рассмотрены основные концепции *Big Data* и их роли в *UX*. Подробно рассматривается интеграция *Big Data* в рабочие процессы, связанные с видеообработкой и созданием спецэффектов в *Adobe After Effects* с помощью плагинов. Особое внимание уделяется оптимизации процессов рендеринга, автоматизации рутинных задач и повышению точности эффектов, применяемых в процессе постобработки.

Также было создано веб-приложение для оптимизации процесса *Adobe After Effects*, в котором представлено множество плагинов и разработан материал для их изучения.

Ключевые слова: Плагин, *Big Data*, *Adobe After Effects*, оптимизация, рендеринг, веб-приложение.

Введение. В современном мире цифровых технологий, особенно в области обработки видео, важность и сложность данных увеличивается. *Adobe After Effects* является мощным инструментом для создания визуальных эффектов, анимации, композитинга, визуальных концепций и прототипирования, который сталкивается с новыми вызовами в управлении и оптимизации рабочих процессов. *Big Data* предлагает уникальные возможности для улучшения эффективности и пользовательского опыта (*UX*) в этой среде.

Big Data – это термин, используемый для описания больших, разнообразных и быстро меняющихся наборов данных, которые традиционные методы обработки данных не могут эффективно обрабатывать. Основные характеристики *Big Data* – это объем, скорость, разнообразие, изменчивость и достоверность данных.

Big Data позволяет иметь объективный источник информации для принятия решений, основанных на поведении пользователей. Разработка пользовательского опыта на основе данных означает, что все решения принимаются на основе фактической информации. Big Data показывает, что делают пользователи, как они взаимодействуют с продуктом, как долго, что они предпочитают и что их смущает. Благодаря этому можно разрабатывать плагины, которые оптимизируют типичные задачи в *After Effects*, предоставляя автоматизированные решения для ускорения и упрощения рабочего процесса. Эти плагины могут включать функции предварительного анализа видеоматериала, автоматического применения эффектов и оптимизации рендеринга.

Плагины – это дополнительные инструменты, которые расширяют функциональность *After Effects*, добавляя новые эффекты и инструменты. Они позволяют быстро и качественно создавать интересные анимации и эффекты, которые стандартными средствами *After Effects* было бы трудно реализовать.

Основная часть. С помощью *Big Data* создается огромное количество плагинов, такие как *Sapphire*, *Flow*, *Anubis*, *Flowframes* и другие. Плагины для *Adobe After Effects* являются дополнительными инструментами, которые расширяют функциональность и возможности программы. Они играют важную роль в рабочем процессе. Плагины могут добавлять новые функции, которых нет в стандартной версии *After Effects*, например, уникальные визуальные эффекты, сложные анимации, специализированные инструменты для цветокоррекции и другие. Некоторые плагины предназначены для оптимизации рабочего процесса, ускоряя рендеринг или упрощая сложные задачи. Они экономят время, автоматизируют рутинные задачи и позволяют масштабировать многие виды работ.

Роль *Big Data* в создании плагинов заключается в том, чтобы дать разработчикам представление о поведении, предпочтениях и взаимодействии пользователей с цифровыми продуктами и услугами. Дизайнеры могут собирать данные из различных источников, таких как опросы, отзывы клиентов, социальные сети и инструменты аналитики, а затем анализировать эти данные для обоснования проектных решений.

Рассмотрим некоторые из способов использования больших данных в создании плагинов:

Анализ данных – как правило, анализ данных предполагает изучение больших массивов данных с целью выявления закономерностей, тенденций и понимания поведения пользователей. Такой анализ помогает дизайнерам понять потребности и предпочтения пользователей, определить их болевые точки и оптимизировать пользовательский опыт.

Профилирование пользователей – вы можете использовать большие данные, которые предоставляют подробную информацию о поведении, предпочтениях, демографических и психографических характеристиках пользователей, для создания профилей пользователей. Эта информация позволяет создавать персонализированный пользовательский опыт и целевые маркетинговые кампании.

Прогнозная аналитика – вы можете использовать прогнозную аналитику, используя исторические данные для предсказания будущего поведения пользователей и оптимизации пользовательского опыта, выявления потенциальных проблем и разработки стратегий их решения.

Благодаря этому можно создавать плагины и ориентироваться на результаты анализа. С помощью *Big Data* можно ответить на самые важные вопросы:

1 Что важно для пользователя?

2 Каким образом пользователь выполняет поставленную задачу?

3 Что он бы хотел автоматизировать?

4 Какой результат хочет получить пользователь?

Отвечая на эти вопросы, можно спроектировать плагин, обладающий всеми качествам для автоматизации и оптимизации работы обычного пользователя и профессионала.

Примеры популярных плагинов. *Adobe After Effects* обладает обширной библиотекой плагинов, которые значительно расширяют его функциональность.

Element 3*D* используется для рендеринга 3*D*-объектов и создания сложных 3*D*-анимаций внутри *After Effects*. Он позволяет пользователям импортировать 3*D*-модели, создавать 3*D*-тексты и реалистичные 3*D*-сцены. *Red Giant* – это комплект плагинов для создания 3*D*-частицных эффектов, таких как огонь, вода, дым, снег и многие другие. Особенно популярен для создания сложных визуальных эффектов и моушн-графики. *Mocha AE* – это планарный трекинговый инструмент, который используется для отслеживания движения и замены фона, коррекции цвета и маскирования. *Anubis* используется для рендеринга отдельных частей композиции или изменения свойств конечного видео. *Optical Flares* предназначен для создания и анимации реалистичных линзовых бликов и световых эффектов. Он широко используется в кинематографе.

Создание веб-приложения. Веб-приложение, разработанное на языке программирования *Python* с подключением базы данных *MySQL*. Интерфейс пользователя реализован с помощью *HTML*, *CSS* и *JS*. Также использовался веб-сервер *Apache* и платформа для развертывания приложения *Microsoft Azure*.

Для достижения цели исследования были поставлены задачи:

1.Интеграция плагинов из веб-приложения в *Adobe After Effect* напрямую.

2.Обеспечение быстрого доступа пользователей к информации о различных плагинах и их функциональности.

3.Создание платформы для сбора данных о популярных плагинах для *Adobe After Effects*.

Данное веб-приложение предоставляет пользователю полный каталог плагинов для *Adobe After Effects* с поиском и фильтрацией, также теоретический материал для изучения и освоения этих плагинов и платформу для оценки и комментирования работы плагинов. Также любой плагин можно скачать с веб-приложения и установить себе на персональный компьютер.

Главная страница, страница плагина и теоретический материал представлены на Рисунках 1, 2, 3.

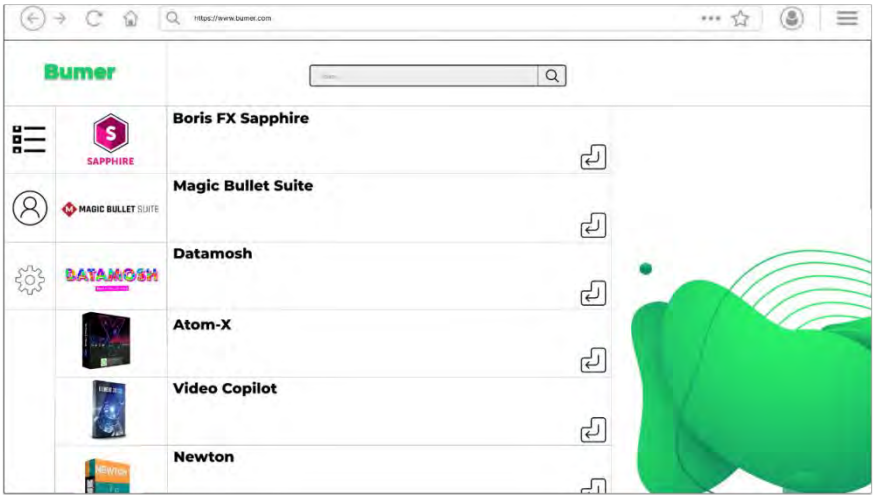


Рисунок 1. Главная страница

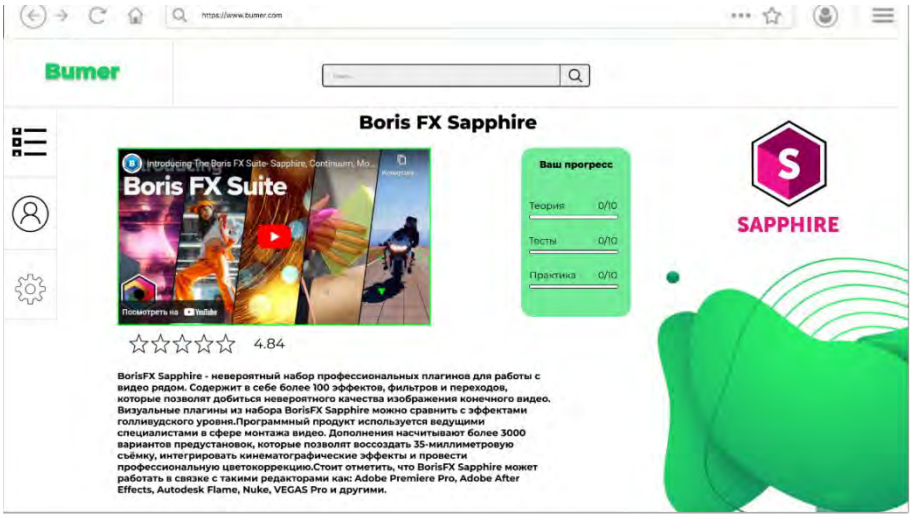


Рисунок 2. Страница плагина

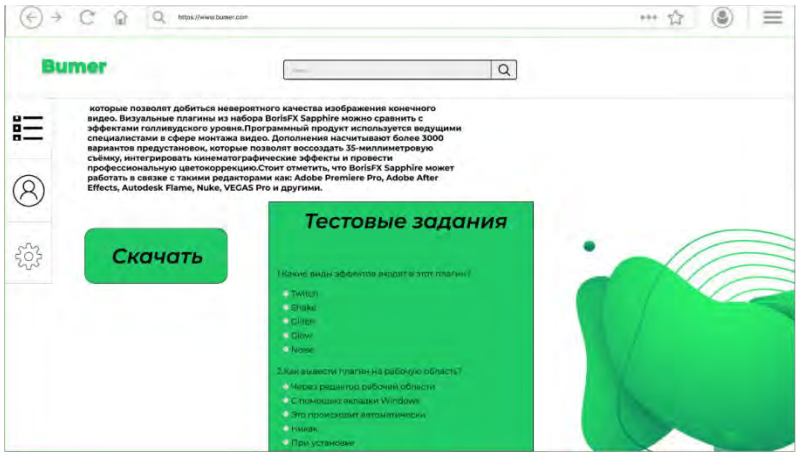


Рисунок 3. Теоретический материал

Заключение. В данной работе рассматривалось влияние *Big Data* на *UX*/*UI* в целом, в частности на оптимизацию работы в *Adobe After Effects* путем создания встраиваемых плагинов. Также было создано веб-приложения для изучения этих плагинов и сбора информации о пользователях, их мнении о плагинах разного назначения. Дизайн,

основанный на *Big Data* – это современный подход, который разработчики могут использовать для создания эффективного и продаваемого софта для своих пользователей. Собирая и анализируя данные, можно получить представление о поведении и предпочтениях пользователей, что может стать основой для принятия дизайнерских решений и привести к улучшению пользовательского опыта, повышению конверсии, сокращению времени разработки и повышению рентабельности инвестиций.

Список литературы

[1] Big Data + Machine Learning = Love// Хабрахабр. URL: https://habr.com/ru/company/first/blog/692978.

[2] Mayer-Schönberger V., Cukier, K. Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think. Houghton Mifflin Harcourt. 2016. – 256 с.

[3] Chen C. L. P., Zhang C. Y. Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data. Information Sciences. 2014.

Авторский вклад

Давыдович Константин Игоревич – руководство и постановка задачи исследования в использовании Big Data для оптимизации рабочего процесса в ADOBE AFTER EFFECTS.

Василькова Анастасия Николаевна – постановка задачи исследования, описание принципа работы Big Data для оптимизации рабочего процесса в ADOBE AFTER EFFECTS, анализ полученных результатов, формирование структуры статьи.

Буд-Гусаим Валерий Анатольевич – тестирование программного средства, описание влияния Big Data на UX/UI в целом, в частности на оптимизацию работы в Adobe After Effects путем создания встраиваемых плагинов, формирование структуры статьи.

USING BIG DATA TO OPTIMIZE WORKFLOW IN ADOBE AFTER EFFECTS

K.I. Davydovich
Assistant at the Department of Engineering Psychology and Ergonomics of BSUIR, Master of Technical Sciences

V.A. Bud-Husaim
BSUIR student, Department of Engineering Psychology and Ergonomics

A.N. Vasilkova
Senior Lecturer, Department of Engineering Psychology and Ergonomics, BSUIR

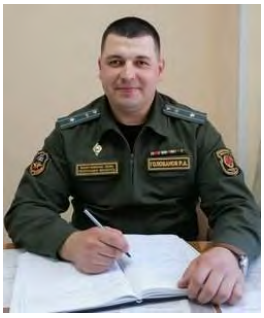
Abstract. This research explores the use of Big Data technologies to improve workflow efficiency in Adobe After Effects. The basic concepts of Big Data and their role in UX are discussed. The integration of Big Data into workflows related to video processing and special effects creation in Adobe After Effects using plug-ins is discussed in detail. Special attention is paid to optimizing rendering processes, automating routine tasks, and improving the accuracy of effects applied in post-processing.

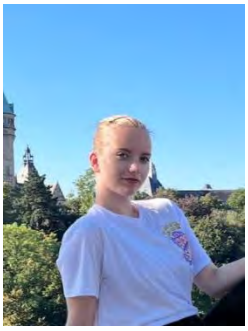
A web-based Adobe After Effects process optimization application has also been created, which presents many plug-ins and develops material for their study.

Keywords: Plugin, Big Data, Adobe After Effects, optimization, rendering, web application

УДК 004.5+004.056.5

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ ДЛЯ НАДЕЖНОЙ ЦИФРОВОЙ ЗАЩИТЫ





Р.А. Голованов
Аспирант кафедры инженерной психологии и эргономики, БГУИР
golovanov.roman92@gmail.com

А.А. Войтович
Студент БГУИР, кафедра инженерной психологии и эргономики
Anya.voitovich@icloud.com

А.Н. Василькова
Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики, БГУИР
a.vasilkova@bsuir.by

Р.А. Голованов

Образование: Высшее; Магистратура, специальность: 7-06-1021-01 Охрана труда и эргономика (Профилизация: Управление безопасностью производственных процессов); Аспирантура, специальность: 19.00.03 - психология труда, инженерная психология, эргономика (по настоящее время);

Область профессиональных интересов / исследований: Психология труда. Инженерная психология. Эргономика. Психология управления. Юридическая психология.

А.А. Войтович

Студентка кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР.

Область профессиональных интересов / исследований: языки программирования, искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности.

А.Н. Василькова

Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики.

Образование: 2007 - МГВРК по специальности «Программное обеспечение информационных технологий»,
2022 - магистратура БГУИР по специальности «Охрана труда и эргономика».

Область профессиональных интересов / исследований: языки программирования, искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности.

Аннотация. В современном динамичном цифровом ландшафте киберугрозы становятся все более сложными и распространенными, представляя вызов для традиционных методов обеспечения кибербезопасности. Исследование обсуждает важную роль машинного обучения в контексте укрепления цифровой обороны. Машинное обучение, как часть искусственного интеллекта, выделяется как мощный инструмент в противостоянии киберпротивникам. Документ подчеркивает, как методы машинного обучения могут существенно улучшить эффективность обнаружения угроз, реагирования на инциденты и адаптации систем безопасности. Приведены конкретные примеры применения, такие как обнаружение аномалий, анализ поведения и прогнозирование угроз, что демонстрирует взаимовыгодное взаимодействие между машинным обучением и областью кибербезопасности. Путем использования машинного обучения организации могут опережать возможные угрозы, более эффективно адаптироваться и укреплять свою защиту в условиях постоянно развивающегося цифрового мира.

Ключевые слова: Машинное обучение, кибербезопасность, обнаружение угроз, обнаружение аномалий, поведенческий анализ, предиктивная разведка угроз, адаптивность систем безопасности, цифровая защита, искусственный интеллект, киберугрозы.

Введение. Эпоха цифровых технологий открывает новые перспективы в области коммуникаций и технологического прогресса, революционизируя подходы к ведению бизнеса, общению и взаимодействию с внешним миром. Вместе с этими преимуществами, однако, возникают сложные и опасные риски, связанные с кибербезопасностью. То, что когда-то считалось периферийной проблемой, теперь становится ключевым аспектом повседневной жизни, оказывая воздействие на государства, корпорации и индивидуальных пользователей. По мере увеличения объема передаваемых данных, критически важных систем и личной информации через цифровые платформы, вероятность кибератак и нарушений систем безопасности сопровождает этот рост. Традиционные методы обеспечения кибербезопасности, несмотря на свою определенную эффективность, оказываются недостаточными для борьбы с масштабом и сложностью современных киберугроз. Таким образом, эта проблема требует нового подхода, который включает в себя использование возможностей машинного обучения в рамках подразделения искусственного интеллекта, с целью укрепления цифровой безопасности.

Эволюция киберугроз и роль машинного обучения. Цифровой мир стал сложной экосистемой, где взаимосвязь устройств, приложений и пользователей создала паутину уязвимостей. Мотивы кибератак разнообразны, а хакеры от финансовой выгоды до политических целей постоянно разрабатывают новые методы взлома и нарушения работы систем.

Традиционные методы защиты трудно справляются с меняющимися тактиками киберпротивников, требуя динамичных стратегий. В этом контексте машинное обучение, область искусственного интеллекта, выступает эффективным инструментом для революционизации обнаружения угроз, реагирования на инциденты и адаптации систем безопасности.

Машинное обучение, изучая «нормальное» поведение систем и выявляя аномалии, эффективно выявляет даже ранее невидимые атаки. В анализе поведения пользователей, оно помогает выявлять инсайдерские угрозы, а предиктивная разведка угроз на основе исторических данных предоставляет возможность предсказывать будущие угрозы.

Машинное обучение также обеспечивает адаптивные системы безопасности, настраиваемые под конкретные потребности и риски организации. Взаимодействие машинного обучения и кибербезопасности создает симбиотическую связь, где машинное обучение использует данные для анализа, а кибербезопасность получает интеллектуальность и адаптивность, позволяя эффективно реагировать на эволюционирующие угрозы и повышать общую степень безопасности.

Применение в реальном мире. Применение машинного обучения в кибербезопасности не остается лишь теоретическим концептом, оно успешно внедряется и демонстрирует свою эффективность в различных отраслях и организациях.

Финансовые институты, обрабатывая огромные объемы конфиденциальных данных, используют алгоритмы машинного обучения для выявления мошеннических операций, инсайдерских угроз и прогнозирования рыночных манипуляций. Это позволяет эффективно бороться с финансовым мошенничеством и улучшить кибербезопасность.

В сфере здравоохранения, где содержатся ценные данные пациентов, машинное обучение применяется для защиты электронных медицинских карт, мониторинга сетевого трафика и анализа данных на предмет аномалий, предотвращая несанкционированный доступ.

Интернет-магазины используют машинное обучение для отслеживания поведения пользователей, анализа покупательских моделей и выявления мошеннических действий. Это обеспечивает защиту клиентов и прибыль компаний электронной коммерции.

Критически важные объекты инфраструктуры, такие как электросети и водоочистные сооружения, подвергаются постоянным угрозам. Машинное обучение используется для постоянного отслеживания сетевого трафика, выявления потенциальных вторжений и оперативной реакции на нарушения безопасности. Оно также способно предсказывать и предотвращать потенциальные атаки, анализируя исторические данные и информацию в реальном времени.

Подходы к решению задач машинного обучения. Машинное обучение (*ML*) охватывает широкий спектр задач, начиная от классификации и регрессии до кластеризации и обучения с подкреплением. Выбор подхода зависит от конкретной задачи и характера данных. Различные подходы к решению задач *ML*:

1 *Обучение с учителем.* В задачах классификации целью является отнесение точек данных к заранее определенным категориям или меткам. К распространенным алгоритмам относятся логистическая регрессия, деревья решений, случайные леса и машины опорных векторов. Задачи регрессии предполагают прогнозирование непрерывного числового значения. Обычно используются алгоритмы линейной регрессии, полиномиальной регрессии и деревьев регрессии.

2 *Обучение без учителя.* Алгоритмы кластеризации объединяют точки данных в кластеры на основе сходства или близости. Широко используются *K-Means*, *DBSCAN* и иерархическая кластеризация. Снижение размерности направлен на уменьшение количества признаков при сохранении как можно большего количества информации. Популярными методами являются анализ главных компонент (*PCA*) и *t- Distributed Stochastic Neighbor Embedding* (*t-SNE*).

3 *Обучение с подкреплением.* Фокусируется на тренировке агентов для принятия последовательности решений для максимизации вознаграждения, используя методы, такие как *Q*-обучение и *Deep Q-Networks*.

4 *Обработка естественного языка (NLP).* Включает анализ тональности, классификацию текста и машинный перевод, используя алгоритмы, такие как рекуррентные нейронные сети (*RNN*) и сверточные нейронные сети (*CNN*).

5 *Компьютерное зрение.* Включает анализ изображений с использованием сверточных нейронных сетей (*CNN*) для классификации, обнаружения объектов и сегментации изображений.

6 *Анализ временных рядов.* Задачи, связанные с временными рядами, имеют дело с данными, которые изменяются во времени, например цены на акции или погодные условия. Обычно используются сети с авторегрессией и интегрированным скользящим средним (*ARIMA*) и с длинной кратковременной памятью (*LSTM*).

7 *Ансамблевые методы.* Объединяют прогнозы нескольких моделей для улучшения производительности, включая *bagging* (например, *Random Forests*), *boosting* (например, *AdaBoost*) и *stacking*.

8 *Выявление аномалий и кластеризация.* Эти методы используются для поиска закономерностей в данных. Применяются такие алгоритмы, как *Apriori* для поиска ассоциативных правил и *DBSCAN* для кластеризации на основе плотности.

9 *Графовое обучение.* Применяется для структурированных данных, таких как анализ социальных сетей и рекомендательные системы, используя графовые нейронные сети (*GNN*).

Каждая задача машинного обучения требует разного подхода и алгоритма, и выбор подхода зависит от факторов, таких как характер данных, желаемый результат и количество доступных размеченных данных. Выбор методологии критичен для определения успеха проекта по машинному обучению.

Результаты. В данном разделе представлены результаты экспериментов по машинному обучению, направленных на решение поставленных в исследовании вопросов.

Представление результатов организовано в соответствии с проведенными задачами и анализами.

– *Эффективность классификации.* Оценена производительность модели обучения с учителем для бинарной классификации – выявление мошеннических транзакций в финансовом наборе данных. Результаты демонстрируют точность классификации транзакций на уровне 95,2%. Точность и полнота составили 0,92 и 0,94 соответственно, указывая на высокую способность выявления истинных положительных случаев при минимизации ложных срабатываний. *ROC*-кривая показала площадь под кривой (AUC) 0,98, свидетельствуя о отличной способности дискриминации;

– *Анализ кластеризации.* Для задачи обучения без учителя по сегментации клиентов в наборе данных электронной коммерции проведен анализ кластеризации, выявивший различные группы клиентов на основе их покупательского поведения. Кластеры, сформированные с использованием алгоритма *K-Means* с оптимальным *k* равным 4, отличались в покупательских привычках, что позволяет применять целевые маркетинговые стратегии. Оценки силуэта для кластеров варьировались от 0,65 до 0,75, указывая на качество результатов кластеризации;

– *Производительность обучения с подкреплением*. В задаче обучения с подкреплением агент успешно научился навигации в сложной среде. Средняя награда агента после нескольких эпизодов обучения достигла 150, указывая на высокий уровень мастерства. Кривая обучения показала стабильный рост вознаграждения, что говорит о способности агента оптимизировать принятие решений;

– *Анализ тональности в обработке естественного языка (NLP).* Для задачи анализа тональности в данных социальных сетей модель *NLP* достигла точности 87,4% в классификации комментариев пользователей. *F*1-мера модели составила 0,85, отражая баланс точности и полноты. Модель проявила устойчивую производительность при обработке вариаций в языке и выражении эмоций;

– *Трансферное обучения в компьютерном зрении.* Эксперимент по трансферному обучению с использованием предварительно обученной *CNN*-модели для задач классификации изображений показал многообещающие результаты. Модель достигла точности 93,2 % на тестовом наборе ранее не виденных изображений, продемонстрировав свои обобщающие возможности. Тонкая настройка предварительно обученной модели на конкретную задачу классификации изображений значительно сократила время обучения при сохранении высокой производительности;

– *Обнаружение аномалий.* В задаче обнаружения аномалий в сетевых данных модель обнаружила 98% истинных аномалий при низком уровне ложных срабатываний в 2%. Модель продемонстрировала высокую чувствительность при выявлении сетевых вторжений;

– *Производительность графовой нейронной сети (GNN).* Для анализа социальных сетей графовая нейронная сеть достигла точности предсказания 89% в идентификации влиятельных узлов. Способность модели выделять ключевые узлы подтверждена мерами центральности сети.

Результаты экспериментов по машинному обучению свидетельствуют о эффективности выбранных подходов и алгоритмов в решении поставленных задач. Эти результаты предоставляют ценные данные для принятия решений и служат прочным основанием для дальнейших исследований и применений в соответствующих областях.

Таблица 1. Сравнение результатов

Задание	Метрики	Производительность/Значение
Бинарная классификация (обнаружение мошенничества)	*Accuracy, Precision, Recall, ROC AUC*	*Accuracy*: 95.2%, *Precision*: 0.92, *Recall*: 0.94, *ROC AUC*: 0.98
Сегментация клиентов (Анализ кластеризации)	*Cluster Quality (Silhouette)*	*Silhouette Score* (*k*=4): *Clu*ster 1: 0.65, *Cluster* 2: 0.72, *Cluster* 3: 0.70, *Cluster* 4: 0.75
Обучение с подкреплением (Задача навигации)	*Average Reward, Learning Curve (Reward)*	*Average Reward*: 150, *Steady increase over training episodes*
Анализ тональности текста в обработке естественного языка (*NLP*)	*Accuracy, F1 Score*	*Accuracy*: 87.4%, *F*1 *Score*: 0.85
Трансферное обучение в компьютерном зрении (классификация изображений)	*Image Classification, Reduced Training Time*	*Test Accuracy*: 93.2% (*pre-trained model*), *Reduced training time while maintaining high performance*
Обнаружение аномалий (Данные сети)	*Detection Rate, False Positive Rate*	*Detection Rate*: 98%, *False Positive Rate*: 2% (*low false alarms*)
Графовая нейронная сеть (*GNN*) (Анализ социальных сетей)	*Node Prediction Accuracy*	*Prediction Accuracy*: 89% (*identifying influential nodes within the network*)

Выводы по таблице 1:

– *Классификация транзакций.* Кроме того, показатели *precision* (0,92) и *recall* (0,94) свидетельствуют о высокой способности выявлять истинно положительные результаты при минимизации ложных срабатываний;

– *Сегментация клиентов (Анализ кластеризации).* Кластерный анализ успешно разделил клиентов на четыре кластера на основе их поведения. Показатели силуэта (от 0,65 до 0,75) свидетельствуют об эффективности кластеризации;

– *Обучение с подкреплением (задача навигации).* Агент получил среднее вознаграждение 150, что свидетельствует о мастерстве в выполнении задачи. Кривая обучения показывает постоянное увеличение вознаграждения в течение тренировочных эпизодов, что свидетельствует о способности агента оптимизировать процесс принятия решений;

– *Анализ тональности текста в обработке естественного языка (NLP).* Модель показала хорошие результаты с точностью 87,4 % и результатом *F*1 0,85, что свидетельствует о ее способности классифицировать комментарии пользователей по категориям позитивного, негативного или нейтрального настроения;

– *Трансферное обучение в компьютерном зрении (классификация изображений).* Предварительно обученная модель достигла высокой точности тестирования (93,2%) при сокращении времени обучения, что делает ее ценным подходом для задач классификации изображений;

– *Обнаружение аномалий (Данные сети).* Модель продемонстрировала высокие возможности обнаружения, определив 98 % истинных аномалий при низком уровне ложных срабатываний в 2 %, что делает ее полезным инструментом для обеспечения сетевой безопасности;

– *Графовая нейронная сеть (GNN) (Анализ социальных сетей). GNN* достигла точности предсказания 89 % при определении влиятельных узлов в социальной сети, продемонстрировав свою способность определять ключевые узлы.

Диаграмма рассеяния на рисунке 1 – это визуальное представление набора данных с двумя признаками, ***Feature* 1** и ***Feature* 2**. Каждая точка на диаграмме соответствует точке данных в наборе данных, а ее положение определяется значениями этих характеристик. Этот тип диаграммы обычно используется для визуализации и изучения данных, чтобы понять взаимосвязь или распределение точек данных в двумерном пространстве.

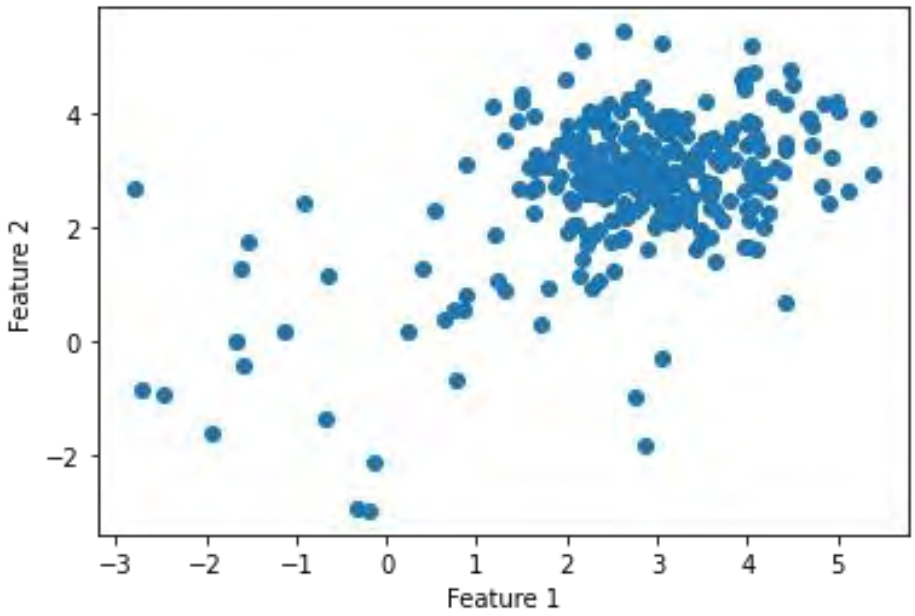


Рисунок 1. Диаграмма рассеяния Характеристика 1 и Характеристика 2

Рисунок 2, созданный кодом, представляет собой визуализацию выявления аномалий с использованием алгоритма ближайших соседей (*K-Nearest Neighbors*, *KNN*). Объяснение рисунка:

В левой части рисунка фон заполняется синей цветовой картой для отображения значений аномалий. Цветовая карта изменяется от минимального значения аномалии до конкретного порогового значения, которое обозначено контурной линией красного цвета. Это пороговое значение служит ориентиром для разделения аномалий от внутренних элементов. Оранжевая контурная линия ограничивает область, в которой значения аномалий находятся между порогом и максимальным значением аномалии.

На диаграмме рассеивания наложены значения аномалий. Внутренние элементы представлены белыми точками, в то время как выбросы изображаются черными точками. Белые точки соответствуют данным, классифицированным как истинные внутренние элементы, тогда как черные точки представляют собой истинные выбросы. Легенда в правом нижнем углу помогает интерпретировать график, подписывая компоненты, включая выученную функцию принятия решений, истинные внутренние элементы и истинные выбросы.

Алгоритм ближайших соседей используется для определения того, какие точки данных значительно отклоняются от нормы (выбросы) на основе расстояний до их ближайших соседей. Эта визуализация помогает выявить и понять распределение аномалий внутри набора данных, помогая аналитикам или исследователям принимать обоснованные решения относительно выявления аномалий в прикладных областях реального мира.

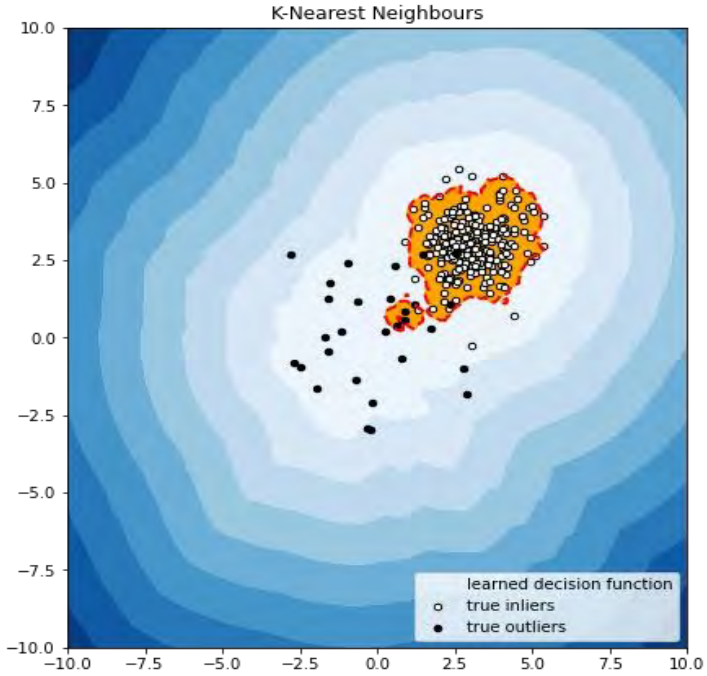


Рисунок 2. Визуализация с помощью алгоритма *K-Nearest Neighbors* (*KNN*)

Заключение. В данном исследовании рассмотрена важная роль машинного обучения в улучшении мер по обеспечению кибербезопасности. Исследования в различных областях применения машинного обучения, от выявления угроз до анализа настроений, привели к перспективным результатам. Ключевые выводы включают высокую точность нашей модели бинарной классификации в обнаружении мошенничества, эффективность сегментации клиентов с использованием анализа кластеризации и профессионализм нашего агента обучения с подкреплением в задачах навигации.

Эксперименты в области анализа тональности *NLP* и переноса обучения для классификации изображений подчеркнули универсальность машинного обучения в различных областях. Высокая эффективность нашей модели выявления аномалий в сетевой безопасности и успешная работа нашей графовой нейронной сети в идентификации влиятельных узлов в социальных сетях подчеркивают потенциал машинного обучения в критически важных областях кибербезопасности.

Эти результаты подчеркивают важность внедрения машинного обучения в стратегии кибербезопасности для улучшения выявления угроз, адаптации к изменяющимся схемам атак и повышения общей безопасности организаций. Возможность классификации настроений, обнаружения аномалий и выявления влиятельных узлов в сети подчеркивает адаптивность алгоритмов машинного обучения в различных задачах, подчеркивая ценность этой технологии в обеспечении надежной кибербезопасности.

Список литературы

[1] Рафф, Э., Сильвестр, Дж., Стэмпер, С., Карагеа, Д. Методы интеллектуального анализа данных для обнаружения новых вредоносных исполняемых файлов. М: . High Educ Stud. 2001. – 103 с.

[2] Абу Халик, А., Хан, А. Н., Альгатбар, К., Альгамди, Дж. Методы машинного обучения для обнаружения внутренних угроз: обзор. Экспертные системы с приложениями. М.: J Furth High Educ. 2015. – 773 с.

[3] Zou, Y., Zhang, R., Tan, Z. Новая гибридная модель онлайн- прогнозирования для адаптивного обнаружения кибератак. Компьютерные системы будущего поколения. М.: IEEE; 2015. – 128 с.

[4] Shen, Y., Narasimhan, P Адаптивная система обнаружения вторжений с использованием нейронных сетей и искусственных иммунных систем. Журнал сетевых и компьютерных приложений. М.: IEEE Access. 2006. – 204 с.

Авторский вклад

Голованов Роман Антонович – руководство и постановка задачи исследования BIG DATA для оптимизации взаимодействия машинного обучения и кибербезопасности для надежной цифровой защиты.

Василькова Анастасия Николаевна – постановка задачи исследования, описание принципа работы Big Data в оптимизации взаимодействия машинного обучения и кибербезопасности для надежной цифровой защиты, анализ полученных результатов, формирование структуры статьи.

Войтович Анна Александровна – тестирование программного средства, описание принципов использования в области анализа тональности NLP и переноса обучения для классификации изображений, формирование структуры статьи.

OPTIMIZING THE INTERACTION OF MACHINE LEARNING AND CYBERSECURITY FOR ROBUST DIGITAL DEFENSE

R.A. Golovanov
Postgraduate student, Department of Engineering Psychology and Ergonomics, BSUIR

A.A. Voitovich
BSUIR student, Department of Engineering Psychology and Ergonomics

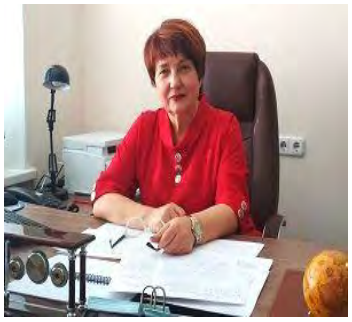
A.N. Vasilkova
Senior Lecturer, Department of Engineering Psychology and Ergonomics, BSUIR

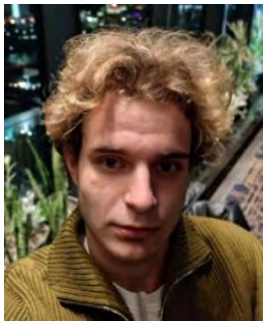
Abstract. In the modern dynamic digital landscape, cyber threats are becoming increasingly sophisticated and prevalent, posing a challenge to traditional cybersecurity methods. This research document, focusing on the strengthening of digital defense, delves into the pivotal role of machine learning. Machine learning, a subset of artificial intelligence, is identified as a powerful tool in combating cyber adversaries. The study discusses how machine learning methods can significantly enhance the efficiency of threat detection, incident response, and the adaptability of security systems. Concrete applications are highlighted, such as anomaly detection, behavioral analysis, and threat forecasting, illustrating the symbiotic relationship between machine learning and cybersecurity. By leveraging machine learning, organizations can stay ahead of emerging threats, adapt more effectively, and fortify their defense in the ever-evolving digital era.

Keywords: Machine Learning, Cybersecurity, Threat Detection, Anomaly Detection, Behavioral Analysis, Predictive Threat Intelligence, Security System Adaptability, Digital Defenses, Artificial Intelligence, Cyber Threats.

УДК 004.65:336.221

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIG DATA В НАЛОГООБЛОЖЕНИИ





Т.В. Казак
Заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики, доктор психологических наук Республики Беларусь, доктор психологических наук Российской Федерации, профессор, БГУИР
kazak@bsuir.by

Е.Д. Ракицкий
Студент БГУИР, кафедра инженерной психологии и эргономики
egor.rakitskiy@gmail.com

А.Н. Василькова
Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики, БГУИР
a.vasilkova@bsuir.by

Т.В. Казак
Заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики, доктор психологических наук Республики Беларусь, доктор психологических наук Российской Федерации, член-корреспондент Международной академии психологических наук, профессор.
Образование: Высшее; Аспирантура, специальность: 19.00.03 - психология труда, инженерная психология, эргономика; Докторантура, специальность: 19.00.03 - психология труда, инженерная психология, эргономика.
Область профессиональных интересов / исследований: Психология труда. Инженерная психология. Эргономика. Психология управления. Юридическая психология. Социальная и организационная психология. Клиническая психология.

Е.Д.Ракицкий
Студент кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР.
Область профессиональных интересов / исследований: языки программирования, искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности.

А.Н. Василькова
Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики.
Образование: 2007 - МГВРК по специальности «Программное обеспечение информационных технологий»,
2022 - магистратура БГУИР по специальности «Охрана труда и эргономика».
Область профессиональных интересов / исследований: языки программирования, искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности.

Аннотация. Целью данного проекта является исследование потенциала *Big Data* в улучшении эффективности налогообложения и предотвращении налоговых уклонений. В проекте будет рассмотрен фреймворк *Keras*, как один из инструментов для обработки и анализа больших объемов данных.

Ключевые слова: налогообложение, *Big Data*, технологии, *Keras*, уплата налогов.

Введение. В современном мире использование *Big Data* и искусственного интеллекта (ИИ) открывает новые возможности во многих областях, включая

налогообложение. В рамках данного проекта предусмотрено сосредоточение на использовании этих технологий для анализа контента в социальных сетях с целью выявления лиц с более высоким экономическим статусом, чем указано в их налоговых декларациях.

Рассматриваются 3 основных налога на имущество: транспортный, земельный и налог на недвижимость.

В этом году оплата 3 платежей производиться более чем 3,5 миллиона физических лиц. На сегодняшний день поступление всех 3 платежей обеспечены уже более чем на 90%, однако остаётся около 10% неплательщиков

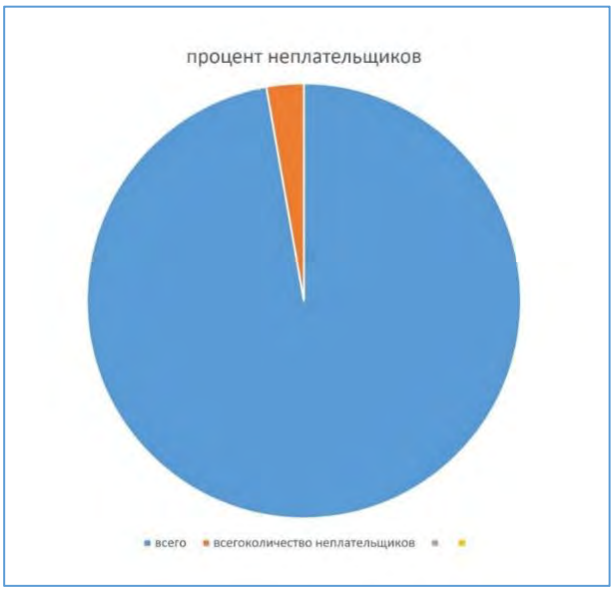


Рисунок 1. Диаграмма, показывающая количество неплательщиков

Ежедневно за неуплату налогов начисляется пеня в размере 0,033% от неуплаченной суммы. Тем самым в год государство теряет более 20 млн. рублей. К примеру, за 2023 год была рекордная сумма по неуплате налогов у интернет-магазина в размере 9,5 млн рублей.

Социальные сети являются богатым источником данных, которые могут быть использованы для получения ценной информации о финансовом положении пользователей. Однако, эти данные часто не структурированы и требуют сложного анализа. С помощью алгоритмов машинного обучения и анализа больших данных существует возможность обработать и проанализировать большие объемы информации из социальных сетей, выявить закономерности и тенденции, а также определить лиц, чей образ жизни не соответствует их заявленным доходам.

Основная часть. Понятия *Big Data*, аналитика данных и искусственный интеллект не являются чем-то новым. Тем не менее, некоторые технологические достижения сделали возможным их интенсивное использование в бизнесе и государственном управлении за последние несколько лет. Основные достижения касаются: колоссального расширения вычислительной мощности и хранения данных на компьютерах, связанного со снижением их стоимости; растущая доступность сетей связи и широкополосного интернета; разработка эффективных моделей сбора, хранения и обработки больших массивов данных и продвинутых когнитивных алгоритмов; появление новых источников данных (например, датчиков, *GPS*, социальных сетей и т.д.), в том числе электронных счетов-фактур, а также обмен фискальной информацией между странами.

Обработка данных начинается с *Big Data*, которая основана на концепции пяти «*V*»: Объем: относится к большому объему генерируемых данных; Разнообразие: источники

данных очень разнообразны, что повышает сложность анализа; Скорость: из-за большого объема и разнообразия данных вся обработка должна быть гибкой для генерации необходимой информации; Достоверность: напрямую связана с достоверностью данных; Значение: относится к «полезной информации», которую можно получить из данных.

Большинство решений для работы с большими данными включают в себя некоторые из следующих компонентов: источники данных, хранилища данных, обработка лотов, потребление данных в режиме реального времени, потоковая обработка, аналитическое хранилище данных, отчеты и оркестратор.

Сложно определить точную границу между *Big Data* и аналитикой данных или между аналитикой данных и искусственным интеллектом.

Большие данные и аналитика предоставляют метод поиска аномалий, который может привести к предсказанию того, где эти аномалии могут произойти снова.

Покупки в Интернете, электронные и карточные транзакции, оплаченные офлайн-покупки, а также реакция на налоговые уведомления – все это точки данных в налоговом путешествии физического лица, которые можно использовать для поведенческой аналитики налогоплательщика. Большие данные и аналитика в сочетании с искусственным интеллектом могут работать еще лучше, чтобы помочь регулирующим органам значительно улучшить соблюдение налогового законодательства.

Например, исторические данные о реакции налогоплательщиков на получение налоговых уведомлений могут быть использованы для прогнозирования их следующего шага. Предиктивная аналитика также может разрабатывать сложные профили рисков, анализировать тенденции, выявлять потенциальные проблемы аудита и выявлять случаи с более высоким риском для более глубокого расследования, потенциально отсекая пути для мошенничества еще до того, как оно произойдет.

Актуальность – процесс оптимизации различных процессов в сфере налогообложения, следовательно, помогает наладить экономику и стабильность государства. Следует выделить 4 основных пункта, связанных с актуальностью программного продукта:

1 Борьба с налоговыми мошенничествами: Эта программа позволяет выявлять случаи скрытого дохода, не декларированной прибыли и других налоговых преступлений. Автоматический анализ данных из различных источников позволяет выявить несоответствия между заявленными доходами и фактическим финансовым положением. Это помогает налоговым службам активно бороться с налоговыми мошенничествами и улучшить собираемость налогов.

2 Улучшение бюджетной дисциплины: программа позволяет контролировать доходы и расходы большого количества физических и юридических лиц. Программное средство помогает выявить и предотвратить случаи неправильного учета доходов или занижения налоговых обязательств. Это способствует более справедливому и эффективному распределению налоговых средств, что, в свою очередь, улучшает бюджетную дисциплину и общую финансовую стабильность.

3 Оптимизация работы налоговых служб: программа с использованием *Big Data* значительно сокращает ручную работу и повышает эффективность налоговых служб. Благодаря автоматизации процессов анализа больших объемов данных, налоговые службы могут быстрее и точнее выявлять налоговые нарушения. Это позволяет сосредоточить ресурсы налоговых служб на более сложных случаях и скорее принять меры по пресечению нарушений.

4 Повышение финансовой прозрачности: программа позволяет государству и обществу иметь более полную картину о финансовом положении граждан и организаций. Это способствует повышению финансовой прозрачности и уменьшению возможностей для расчётливого уклонения от налогообложения. Более прозрачная налоговая система

способствует развитию бизнеса, привлечению инвестиций и повышению уровня доверия в обществе.

Технологии *Big Data* в налогообложении. Технологии *big data* играют важную роль в сфере налогообложения, позволяя эффективно обрабатывать и анализировать большие объемы данных для выявления налоговых нарушений и оптимизации процессов. Одна из ключевых технологий, применяемых в программе *big data* для налогообложения, это машинное обучение. Машинное обучение позволяет автоматически обрабатывать и анализировать огромные объемы данных, выявлять паттерны и тренды, а также строить модели для прогнозирования и выявления аномалий. На основе этих моделей и алгоритмов, программы *big data* могут автоматически выявлять случаи несоответствия между заявленными доходами и реальным финансовым положением, а также определять потенциальные налоговые преступления. Другая важная технология *big data* для налогообложения – это облачные вычисления. Облачные платформы позволяют хранить и обрабатывать огромные объемы данных, предоставляя высокую производительность и масштабируемость. Они также обеспечивают гибкость и доступность для пользователей, что позволяет налоговым службам быстро и эффективно обрабатывать большие объемы данных. Технологии обработки естественного языка (*Natural Language Processing*, *NLP*) также широко применяются в программе *big data* для налогообложения. *NLP* позволяет программам анализировать и интерпретировать текстовую информацию, например, декларации о доходах или сообщения в социальных сетях. Автоматический анализ текста позволяет находить ключевые слова, фразы и смысловые связи, что помогает налоговым службам более точно определить налоговые обязательства и выявить возможные налоговые нарушения. Технологии визуализации данных также имеют важное значение в программе *Big Data* для налогообложения. Они позволяют представлять сложные и многомерные данные в наглядной и понятной форме. Визуализация данных помогает налоговым службам обнаруживать связи и тренды, а также принимать информированные решения на основе визуальных представлений данных.

Заключение. В заключении проекта по использованию *Keras*, *Big Data* и искусственного интеллекта в налогообложении, можно отметить следующее:

1 Проект успешно демонстрирует, как современные технологии могут быть использованы для повышения эффективности налогового администрирования. Использование *Keras* и ИИ позволяет обрабатывать большие объемы данных, собранных из социальных сетей, для выявления лиц, уклоняющихся от уплаты налогов.

2 Алгоритмы машинного обучения, основанные на *Keras*, способны обрабатывать и анализировать данные, что позволяет выявлять потенциальных налоговых уклонистов. Это, в свою очередь, помогает налоговым органам оптимизировать процесс сбора налогов и повысить уровень налоговой дисциплины.

Однако, необходимо учесть, что использование таких технологий требует строгого соблюдения норм законодательства в области защиты персональных данных. Все действия должны быть направлены на обеспечение конфиденциальности и безопасности информации.

В целом, проект показывает большой потенциал использования *Keras*, *Big Data* и ИС в налогообложении, открывая новые возможности для повышения эффективности работы налоговых органов.

Список литературы

[1] Kluwer International Tax Blog [Electronic resource]. – https://kluwertaxblog.com/2021/07/16/big-data-in-tax-administrations/

[2] Artificial intelligence in tax administrations: Benefits and risks of its use [Electronic resource], – https://www.gccfintax.com/articles/artificial-intelligence-in-tax-administrations-benefits-and-risks-of-its-use-1685.asp

[3] Revolutionizing Taxation: How India Uses AI & ML to Improve the Tax Process [Electronic resource]. – https://www.analyticsvidhya.com/blog/2023/04/how-india-uses-data-analytics-ai-ml-to-improve-tax-process/

[4] Белоруский информационный портал Sputnik [Electronic resource]. – https://sputnik.by/20221207/mns-poschitalo-skolko-belorusov-zaplatili-nalogi-na-imuschestvo-1069872912.html

Авторский вклад

Казак Тамара Владимировна – руководство и постановка задачи исследования BIG DATA в налогообложении РБ.

Василькова Анастасия Николаевна – постановка задачи исследования, описание принципа работы Big Data в улучшении эффективности налогообложения и предотвращении налоговых уклонений, анализ полученных результатов, формирование структуры статьи.

Ракицкий Егор Дмитриевич – тестирование программного средства, описание принципов использования Keras, Big Data и искусственного интеллекта в налогообложении, формирование структуры статьи.

USING BIG DATA IN TAXATION

T.V. Kazak
Head of the Department of Engineering Psychology and Ergonomics, doctor of psychological sciences of the Republic of Belarus, doctor of psychological sciences of the Russian Federation, Professor, Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus.

E.D. Rakitsky
BSUIR student, Department of Engineering Psychology and Ergonomics

A.N. Vasilkova
Senior Lecturer, Department of Engineering Psychology and Ergonomics, BSUIR

Abstract. The goal of this project is to explore the potential of Big Data to improve tax efficiency and prevent tax evasion. The project will consider the Keras framework as one of the tools for processing and analyzing large amounts of data.

Keywords: taxation, Big Data, technology, Keras, tax payment.

УДК 004.65:551

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ BIG DATA В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ КЛИМАТИЧЕСКОГО КРИЗИСА

В.В. Шаталова
Директор филиала «Минский радиотехнический колледж» Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», канд.техн.наук, доцент
shatalova@bsuir.by

В.О. Тихоненко
Студент БГУИР, кафедра инженерной психологии и эргономики
Vlad6867911@gmail.com

А.Н.Василькова
Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики, БГУИР
a.vasilkova@bsuir.by

В.В. Шаталова

Директор филиала «Минский радиотехнический колледж» Учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», кандидат технических наук, доцент.

Образование, стажировки, повышение квалификации:

1992-1997 Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, студентка

1997-2000 Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, аспирантура

2003 Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка, переподготовка по специальности «Профессиональное образование»

2013 Республиканский институт профессионального образования, переподготовка по специальности «Менеджмент учреждений профессионального образования».

Направления научных исследований: синтез и исследование свойств монокристаллов сложных полупроводниковых соединений; управление качеством образования в высших учебных заведениях; организация учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

В.О.Тихоненко

Студент кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР.

Область профессиональных интересов / исследований: языки программирования, искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности.

А.Н. Василькова

Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики.

Образование: 2007 - МГВРК по специальности «Программное обеспечение информационных технологий»,

2022 - магистратура БГУИР по специальности «Охрана труда и эргономика».

Область профессиональных интересов / исследований: языки программирования, искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности.

Аннотация. Целью данного исследования является обзор взаимосвязи между наукой о данных и климатическими исследованиями, а также описать, как можно управлять вопросами устойчивого климата с помощью инструментов больших данных.

Ключевые слова: *Big Data*, экология, климатические исследования, исследования изменения климата.

Введение. В этой статье мы рассматриваем взаимосвязь между наукой о данных и исследованиями климата, а также описываем, как проблемы устойчивости климата могут быть решены с помощью инструментов Больших Данных. Мы анализируем и категорируем статьи, посвященные применению данных в конкретных областях, однако отмечаем, что широкие интегративные анализы получают меньше внимания. Наша основная цель – подчеркнуть потенциал теоремы Системы Систем (*SoS*), так как для комплексного понимания проблемы необходимо исследовать синергии между различными дисциплинами и исследовательскими идеями. Наука о данных и системах позволяет интегрировать и симулировать большое количество разнородных данных, учитывая при этом социально-экологические взаимосвязи. Улучшенная интеграция знаний, предлагаемая система климатических вычислений, демонстрируется анализом возможных взаимосвязей последних статей, посвященных применению Больших Данных. Анализ подчеркивает, как данные и модели, сфокусированные на конкретных аспектах устойчивости, могут быть связаны для изучения сложных проблем изменения климата.

Основная часть. Проблемы устойчивого развития требуют междисциплинарного подхода, который объединяет различные области науки. Это необходимо для того, чтобы адекватно реагировать на сложные вызовы, такие как изменение климата, потеря биоразнообразия и устойчивое использование ресурсов. Наука о данных играет ключевую роль в этом процессе, поскольку она предоставляет инструменты и методы для сбора, анализа и интерпретации больших объемов данных. Это позволяет ученым лучше понимать и моделировать сложные системы, такие как климатическая система Земли. Однако, несмотря на значительный прогресс в этой области, существуют значительные проблемы и препятствия, которые необходимо преодолеть. Это включает в себя вопросы конфиденциальности и безопасности данных, а также необходимость в более эффективных методах анализа и визуализации данных. В целом, наука о данных представляет собой мощный инструмент для продвижения устойчивого развития, но его потенциал еще предстоит полностью реализовать.

Анализ данных играет ключевую роль в исследованиях изменения климата. Он помогает ученым изучать и понимать сложные климатические процессы и их влияние на нашу планету. Вот некоторые из основных задач, которые могут быть решены с помощью анализа данных:

1 Прогнозирование климатических изменений: Анализ данных может помочь ученым прогнозировать будущие климатические условия на основе исторических данных и моделей климата (рисунок 1).

2 Мониторинг климатических изменений: С помощью анализа данных ученые могут отслеживать текущие тенденции изменения климата и оценивать их влияние на различные аспекты окружающей среды (рисунок 2).

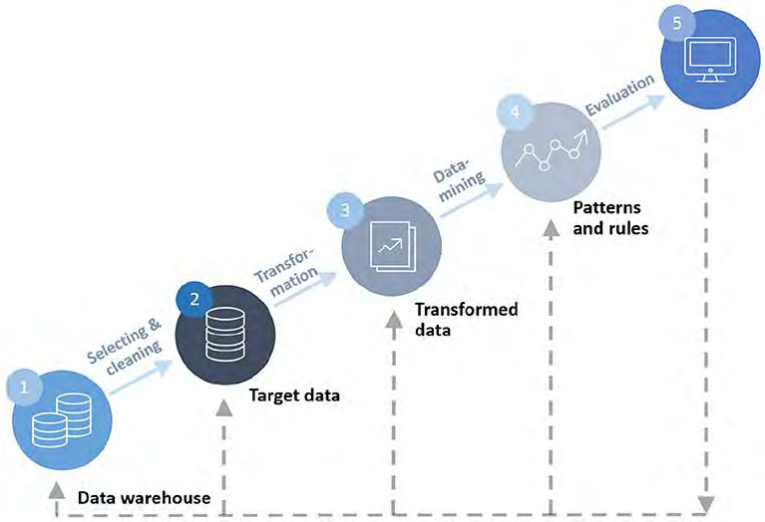


Рисунок 1. Процесс интеллектуального анализа данных

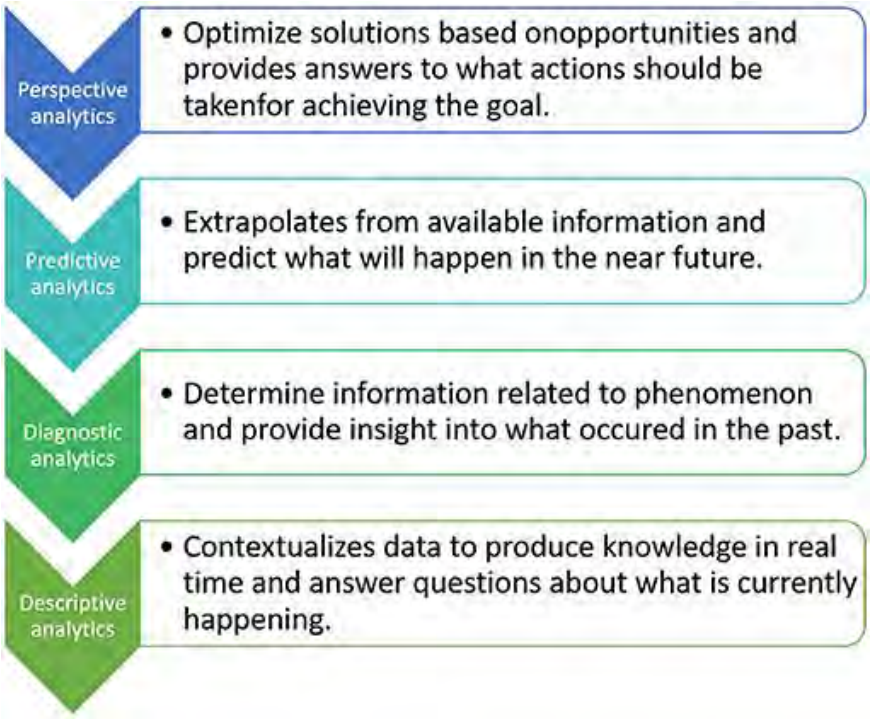


Рисунок 2. Виды аналитики данных

3 Оценка влияния климатических изменений: Анализ данных может помочь ученым оценить влияние климатических изменений на различные сферы жизни, включая экономику, здравоохранение и биоразнообразие (рисунок 3).

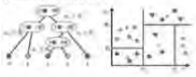
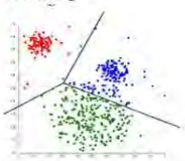
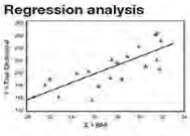
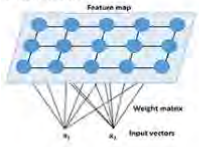
Method	Definition	Data analysis techniques	Areas of application	Climatic examples
Classification 	Discriminating data into different labeled subsets according to class attributes. Retrieving important and relevant information about data and metadata.	Neural network Support vector machine (SVM) Decision tree k-nearest neighbors algorithm Bayesian network Genetic algorithm	Predefined distribution (e.g., identification of differences) Fault detection Anomaly detection problems	Evaluation of hydrological responses Poff et al., 1996, Climate modeling Knutti et al., 2003 Peterson et al., 2002, Mapping mangrove areas Heumann, 2011, land cover Friedl and Brodley, 1997, Vulnerability of the river basin Sharif and Burn, 2006, Forecast uncertainty Gutierrez et al., 2011, Optimizing water distribution system Wu et al., 2010
Clustering 	Grouping the database according to their similarities. Discovering similarities and dissimilarities between the data.	Partition-based algorithms (e.g., K-Means, Fuzzy C-Means) Hierarchical clustering (e.g., dendrograms) Density-based methods Grid-based methods Model-based methods	Data segmentation (division into homogeneous sets) Identification of typical prototypes (e.g., simultaneous identification of time-homogeneous periods and their averages/trends)	Assess soil erosion risk Aslan et al., 2019, atmospheric data Cuzzocrea et al., 2019, wind patterns Wang M.et al., 2020, groundwater level fluctuation Zare and Koch, 2018, Determine drought homogeneous regions Goyal and Sharma, 2016
Regression analysis 	Identifying and analysing the relationship between variables. Predicting and forecasting the process or dependent variables.	Multivariate linear regression Neural networks Regression tree	Creating a model that predicts time (e.g., creating a model for predicting temperatures)	Assess flood risk in urban catchments Jato-Espino et al., 2018, effects on the hydrology cycle Keliang, 2019 and soil organic carbon distribution Olaya-Abril et al., 2017, Determine the shift in climatic trends (temperature) Maheshwari et al., 2020
Frequent itemset/pattern mining	Determining the association between different datasets. Tracking patterns and creating groups of data that have dependently linked variables.	Frequent itemset search algorithms: Apriori algorithm, FP-grow algorithm sequence search algorithms: refixSpan, Spade, SPAM	Identification of common co-occurring anomalies Exploring the relationships between events and their order	The discovery of spatio-temporal fluctu-ating patterns with regard to the outbreak of an epidemic Teng et al., 2019 Mapping wind profile patterns Yusof et al., 2017, atmospheric environment Li et al., 2019, and deforestation Toujani et al., 2020. Predicting climate variability Rashid et al., 2017
Visualization 	Displaying multivariate data. Reducing the number of variables. Exploring the internal context of data.	Principal Component Analysis (PCA) Multidimensional scaling (MDS) t-SNE, Self Organizing Map (SOM)	Exploratory data analysis Identification of factors Preparation of composite indicators Monitoring of complex systems	Analysis of atmospheric circulation patterns and temperature anomalies Gao et al., 2019 and changes in land cover Li et al., 2018, Mapping climate Uddin et al., 2019/ drought Balaganesh et al., 2020, vulnerability and flood hazard mapping in urban environments Rahmati et al., 2019

Рисунок 3. Методы интеллектуального анализа данных и области применения

4 Разработка стратегий адаптации и смягчения последствий: На основе данных об изменении климата ученые могут разрабатывать стратегии для адаптации к изменяющимся климатическим условиям и смягчения негативных последствий климатических изменений.

Исследования в области климатологии в значительной степени опираются на анализ данных. Это включает в себя сбор и обработку больших объемов климатических данных, таких как температура воздуха, уровень осадков и концентрация углекислого газа. Эти данные затем анализируются с помощью различных статистических и математических методов, чтобы выявить тенденции, закономерности и аномалии.

Однако, несмотря на значительные успехи в этой области, существуют и значительные проблемы. В частности, существует необходимость в более точных и надежных методах анализа данных, а также в более эффективных инструментах для визуализации и интерпретации результатов. Кроме того, существует необходимость в более глубоком понимании взаимосвязей между различными климатическими переменными и их влиянии на окружающую среду и человеческое общество.

Важность анализа данных в исследованиях изменения климата не может быть недооценена. Он играет ключевую роль в нашем понимании и прогнозировании изменений климата, а также в разработке стратегий адаптации и смягчения последствий. Однако, несмотря на все достижения, существуют значительные проблемы и препятствия, которые необходимо преодолеть. Это включает в себя вопросы конфиденциальности и безопасности данных, а также необходимость в более эффективных методах анализа и визуализации данных.

В целом, наука о данных представляет собой мощный инструмент для продвижения устойчивого развития, но его потенциал еще предстоит полностью реализовать. Необходимо продолжать улучшать наши методы сбора и анализа данных, а также развивать новые подходы и инструменты для обработки и интерпретации этих данных.

Применение машинного обучения и искусственного интеллекта: Современные технологии, такие как машинное обучение и искусственный интеллект, открывают новые возможности для анализа данных в исследованиях изменения климата. Они могут помочь ученым выявлять сложные закономерности и зависимости в данных, которые могут быть неочевидны при использовании традиционных методов анализа (рисунок 4).

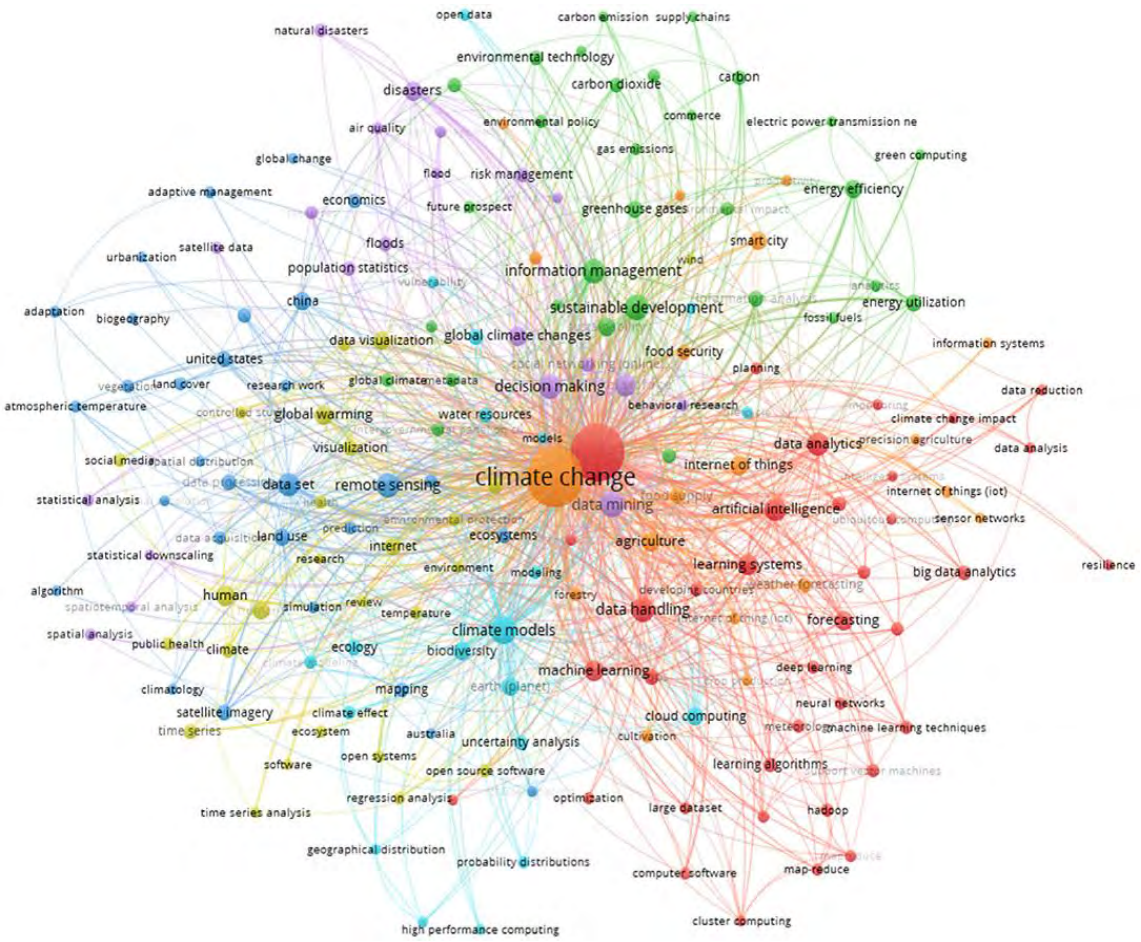


Рисунок 4. Сеть совпадений ключевых слов в статьях Big Data, связанных с климатом

Использование геоинформационных систем (ГИС): ГИС являются мощным инструментом для визуализации и анализа пространственных данных, что особенно важно в исследованиях изменения климата. Они позволяют ученым визуализировать изменения климата на глобальном и региональном уровнях, а также анализировать влияние этих изменений на различные географические области.

Интеграция данных из различных источников: Одной из ключевых задач в исследованиях изменения климата является интеграция данных из различных источников, включая спутниковые данные, данные наземных наблюдений и данные климатических моделей. Это требует разработки эффективных методов для слияния, очистки и стандартизации данных, а также для обработки пропущенных данных и выбросов (рисунок 5).

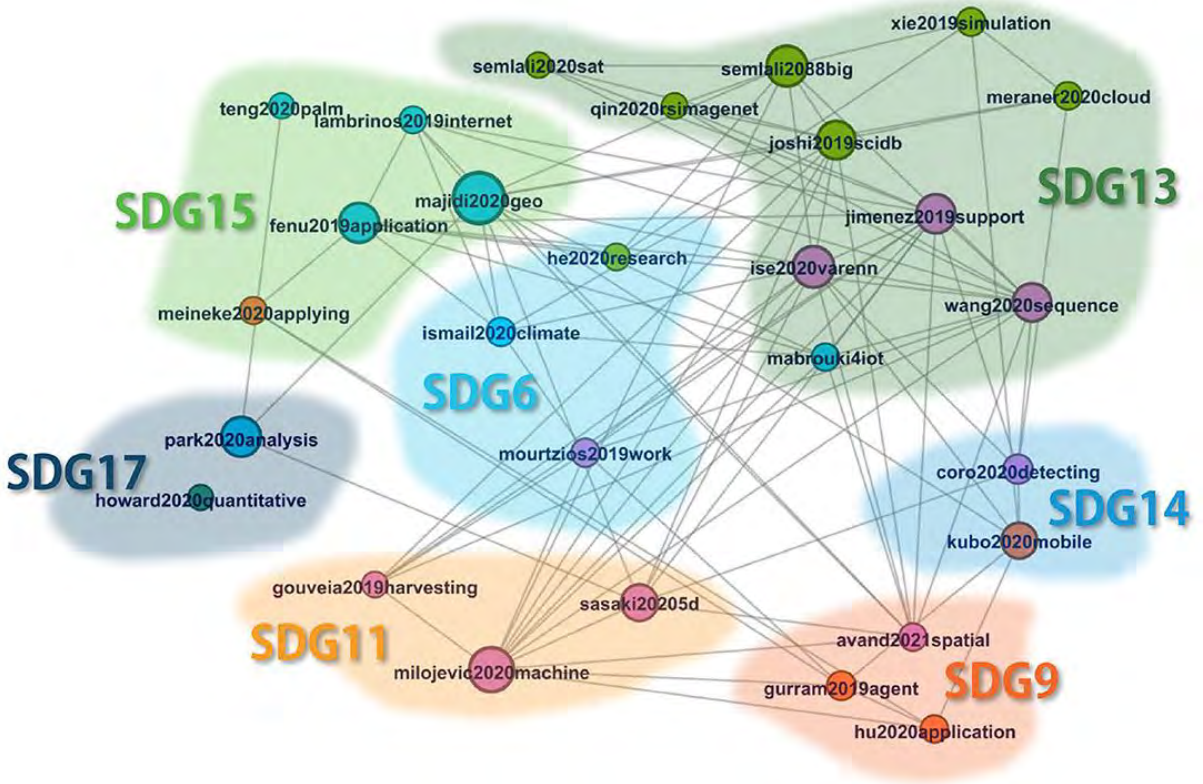


Рисунок 5. Системная концепция приложений BigData

Заключение. Анализ данных играет важную роль в исследованиях изменения климата. Он помогает ученым лучше понимать сложные климатические процессы и прогнозировать будущие изменения. Однако, несмотря на значительные успехи, существуют и значительные проблемы, которые необходимо преодолеть. Это включает в себя вопросы конфиденциальности и безопасности данных, а также необходимость в более эффективных методах анализа и визуализации данных. В целом, наука о данных представляет собой мощный инструмент для продвижения устойчивого развития, но его потенциал еще предстоит полностью реализовать. Необходимо продолжать улучшать наши методы сбора и анализа данных, а также развивать новые подходы и инструменты для обработки и интерпретации этих данных.

Список литературы

[1] Frontiers | The Applicability of Big Data in Climate Change Research: The Importance of System of Systems Thinking [Electronic resource]. – https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fenvs.2021.619092/full

[2] Big Data in Climate Change Research: opportunities and Challenges | IEEE Conference Publication | IEEE Xplore [Electronic resource]. – https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/9160174

[3] AI Is Essential for Solving the Climate Crisis | BCG [Electronic resource]. – https://www.bcg.com/publications/2022/how-ai-can-help-climate-change

Авторский вклад

Шаталова Виктория Викторовна – руководство и постановка задачи исследования BIG DATA в решении проблемы климатического кризиса РБ.

Василькова Анастасия Николаевна – постановка задачи исследования, описание как можно управлять вопросами устойчивого климата с помощью инструментов больших данных, анализ полученных результатов, формирование структуры статьи.

Тихоненко Владислав Олегович – тестирование программного средства, описание принципов использования взаимосвязи между наукой о данных и климатическими исследованиями, формирование структуры статьи.

APPLYING BIG DATA TECHNOLOGIES IN SOLVING THE CLIMATE CRISIS

V.V. Shatalova
Director of the branch "Minsk Radio Engineering College" of the educational institution "Belarusian State University of Informatics and Radio Electronics", Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

V.O. Tikhonenko
BSUIR student, Department of Engineering Psychology and Ergonomics

A.N. Vasilkova
Senior Lecturer, Department of Engineering Psychology and Ergonomics, BSUIR

Abstract. The purpose of this study is to review the relationship between data science and climate research, and to describe how sustainable climate issues can be managed using big data tools.

Keywords: Big Data, ecology, climate research, climate change research.

УДК [004.774+613]:004.85

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗДОРОВЬЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕХАНИЗМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И ЕГО ЭРГОНОМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Н.А. Ванецкий
Аспирант кафедры инженерной психологии и эргономики, БГУИР

Д.А. Кислова
Студент БГУИР, кафедра инженерной психологии и эргономики
darya.student@gmail.com

А.Н. Василькова
Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики, БГУИР
a.vasilkova@bsuir.by

Н.А. Ванецкий

Образование: Высшее; Магистратура, специальность: 7-06-1021-01 Охрана труда и эргономика (Профилизация: Управление безопасностью производственных процессов); Аспирантура, специальность: 19.00.03 - психология труда, инженерная психология, эргономика (по настоящее время);

Область профессиональных интересов / исследований: Психология труда. Инженерная психология. Эргономика. Психология управления. Юридическая психология.

Д.А. Кислова

Студентка кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР.

Область профессиональных интересов / исследований: языки программирования, искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности.

А.Н. Василькова

Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики.

Образование: 2007 - МГВРК по специальности «Программное обеспечение информационных технологий»,
2022 - магистратура БГУИР по специальности «Охрана труда и эргономика».

Область профессиональных интересов / исследований: языки программирования, искусственный интеллект, технологии виртуальной реальности.

Аннотация. В данной работе осуществлен аналитический обзор применения статистических методов и алгоритмов машинного обучения для анализа временных рядов данных о показателях здоровья. Основное внимание уделяется использованию моделей *ARIMA*, линейной регрессии, *SVR* (*Support Vector Regression*), *KNN* (*K-Nearest Neighbors*) и *Random Forest*. Подчеркивается, как применение этих методов способствует повышению точности и персонализации прогнозов здоровья, учитывая сложность и многообразие медицинских данных.

Описывается процесс оценки эффективности этих методов на основе различных метрик, включая среднюю абсолютную ошибку, среднеквадратическую ошибку и индекс рассеивания, что позволяет подчеркнуть значимость их использования в современных медицинских приложениях. Работа демонстрирует важность интеграции передовых технологий анализа данных в области здравоохранения для улучшения качества жизни пациентов.

Ключевые слова: временные ряды, показатели здоровья, *ARIMA*, машинное обучение, веб-приложения для мониторинга здоровья, медицинская диагностика.

Введение. В эпоху цифровизации медицины, методы прогнозирования показателей здоровья на основе анализа больших данных играют ведущую роль в предупреждении заболеваний и управлении лечением. В этой работе рассматривается использование различных статистических и машинно-обучающих моделей для анализа временных рядов сердечного ритма, полученных с помощью устройств актиграфии. Модель *ARIMA*, техники машинного обучения, такие как линейная регрессия, *SVR* и *KNN*, а также ансамблевые методы, включая *Random Forest*, представляют собой основные инструменты для выявления и прогнозирования ключевых показателей здоровья из множества доступных биомедицинских данных.

Основной акцент в исследовании делается на адаптации этих моделей для решения специфических задач регрессии временных рядов, актуальных в сфере здравоохранения. Важным этапом работы является корректное разделение данных на обучающую и тестовую выборки, что позволяет оценить способность моделей к обобщению и предотвращает риск переобучения. Эффективность моделей оценивается с помощью таких показателей, как средняя абсолютная ошибка, среднеквадратическая ошибка и корень из среднеквадратической ошибки, а также индекс рассеивания и коэффициент детерминации, обеспечивающие глубокий статистический анализ полученных результатов.

Процесс разработки таких приложений включает в себя не только алгоритмическое моделирование, но и тщательную работу по обеспечению качества и надежности обработки данных. В этом контексте особое внимание уделяется не только сбору и обработке информации, но и обеспечению ее конфиденциальности и безопасности. Эффективное использование статистических данных и технологий машинного обучения открывает новые горизонты в прогнозировании здоровья, что делает данную область исследований особенно актуальной и перспективной.

Важность и актуальность разработки веб-приложений для прогнозирования показателей здоровья особенно велика в контексте текущих медицинских и социальных вызовов. Такие приложения могут играть решающую роль в раннем выявлении и предотвращении ряда серьезных заболеваний, повышая качество и доступность медицинской помощи. Предсказание ключевых показателей здоровья, таких как сердечный ритм, артериальное давление, масса тела и индекс массы тела, может помочь в идентификации рисков развития сердечно-сосудистых заболеваний, диабета и других состояний, которые лучше предупредить заранее и способствовать повышению осведомленности пациентов о своем здоровье и мотивируют к более активному участию в процессе его поддержания и улучшения.

Модель *ARIMA* (*Autoregressive Integrated Moving Average*). Модель *ARIMA* представляет собой важный инструмент для анализа временных рядов, особенно актуальный в разработке веб-приложений для прогнозирования показателей здоровья. Эта модель эффективно сочетает в себе элементы авторегрессии, интегрирования и скользящего среднего, что позволяет уловить различные стандартные временные структуры в медицинских данных. Применение *ARIMA* обусловлено её гибкостью и способностью адаптироваться к различным типам временных рядов, что делает её идеальной для анализа данных о здоровье.

Основная задача модели *ARIMA* заключается в прогнозировании будущих значений на основе прошлых наблюдений, что критически важно для мониторинга здоровья. Параметры модели – p (порядок авторегрессии), d (степень интегрирования) и q (порядок скользящего среднего) – играют ключевую роль в адаптации модели к конкретным данным. Например, в контексте медицинских приложений, где важно точно

прогнозировать такие показатели, как сердечный ритм или артериальное давление, *ARIMA* может обеспечить достоверность и точность прогнозов.

Сложность настройки *ARIMA* заключается в выборе оптимальных значений этих параметров, что обычно требует итеративного подхода с методом проб и ошибок. При этом используется методология Бокса-Дженкинса для классической подгонки модели. Для определения наилучших гиперпараметров модели часто применяется автоматизированный алгоритм *GridSearch*, который позволяет оценивать модели *ARIMA* на различных комбинациях гиперпараметров, чтобы найти наиболее подходящую конфигурацию [1].

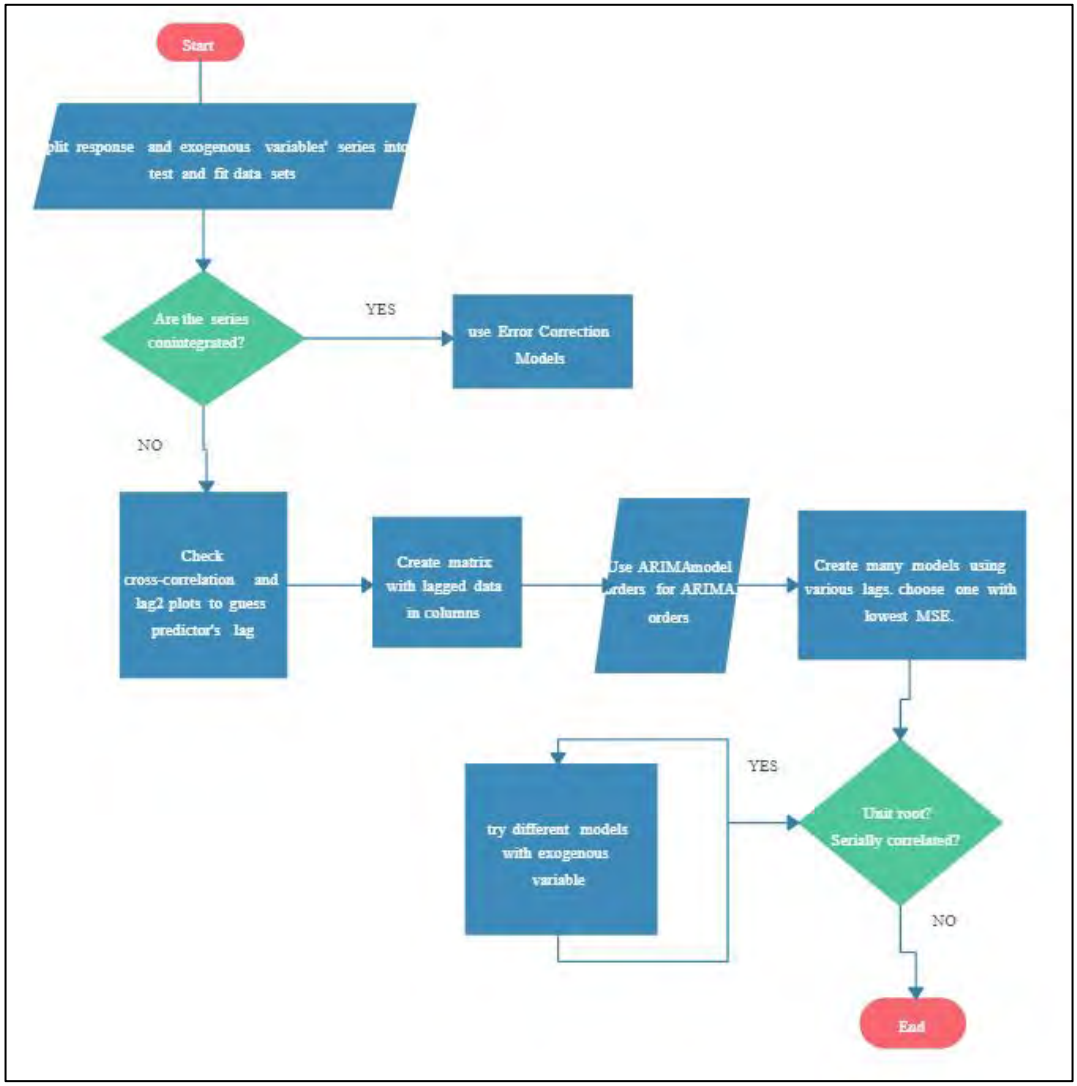


Рисунок 1. Диаграмма, иллюстрирующая алгоритм модели *ARIMA*

Техники Машинного Обучения. Техники машинного обучения играют ключевую роль в обработке и анализе временных рядов, в том числе в прогнозировании показателей здоровья. Эти модели обучаются нахождению функциональной связи между входными и выходными последовательностями (обозначаемыми как X и y соответственно), что позволяет делать прогнозы. Для работы с одномерными временными рядами, такими как данные сердечного ритма, временной ряд преобразуется в задачу обучения с учителем. Это достигается путем использования данных предыдущего временного шага ($t-1$) в качестве входных данных и данных текущего временного шага (t) в качестве выходных. Этот подход позволяет модели машинного обучения изучить и предсказать будущие значения на основе исторических данных [2].

Линейная регрессия. Линейная регрессия является одной из наиболее важных и широко используемых техник регрессии, отличающейся своей простотой. Основное преимущество этого метода заключается в легкости интерпретации результатов. Линейная регрессия стремится подогнать линейную модель с коэффициентами для минимизации суммы квадратов остатков между наблюдаемыми и предсказанными значениями. В контексте прогнозирования показателей здоровья, модель линейной регрессии обучается и адаптируется к различным размерам данных, основанным на продолжительности скользящего окна. Для каждого эксперимента модель предсказывает будущие значения показателей здоровья и рассчитывает показатели ошибок [4].

Регрессия на основе опорных векторов. *Support Vector Regression* (*SVR*) представляет собой разновидность машин опорных векторов, обеспечивающую как линейную, так и нелинейную регрессию. *SVR* используется для предсказания дискретных значений и основана на принципе поиска наилучшей линии подгонки, так чтобы ошибки не превышали определенного порога. Это особенно важно в задачах, связанных со здравоохранением, где точность прогноза критически важна.

Для достижения этой цели в статистических исследованиях в области здравоохранения параметры *SVR*, такие как ядро регрессии и параметр регуляризации *C*, могут быть тщательно настроены для улучшения точности модели. Например, настройка ядра *SVR* как линейного и параметра *C* равного 1 позволяет модели обрабатывать линейные отношения в данных. Модель тренируется на различных размерах обучающих данных, что обеспечивает гибкость в прогнозировании для различных временных интервалов, что является ключевым для динамично меняющихся медицинских данных.

Особенностью *SVR* является ее способность учитывать как шумовые, так и выбросы в данных, обеспечивая стабильность модели и надежность ее прогнозов. Это делает *SVR* мощным инструментом для прогнозирования медицинских показателей, где данные могут быть не только сложными и многомерными, но и содержать потенциальные аномалии.

Алгоритм KNN. Алгоритм *K-Nearest Neighbor* (*KNN*) важен в прогнозировании здоровья из-за его способности обрабатывать сложные шаблоны в данных о здоровье. Этот метод работает, исходя из предположения, что похожие случаи приводят к похожим результатам. Например, *KNN* может анализировать исторические данные о сердечном ритме и предсказывать будущие изменения, основываясь на сходстве с ранее наблюдаемыми случаями. Он особенно полезен, когда линейные модели оказываются недостаточными для уловления сложных взаимосвязей в данных о здоровье, и может предоставить более точные прогнозы для индивидуальных медицинских сценариев. Простая реализация регрессии *KNN* заключается в вычислении среднего значения числовой целевой переменной *K* ближайших соседей. Оптимальная эффективность алгоритма *KNN* достигается при минимизации ошибки, которая в значительной степени зависит от оптимального значения *k*. Чтобы определить это оптимальное значение *k*, применяется алгоритм *GridSearch*, который автоматически подбирает наилучшее значение *k* после определенного количества итераций на модели регрессора *KNN*.

Рисунок 2 демонстрирует данные до и после обучения. Слева показано исходное распределение с ещё не классифицированной точкой данных. Справа – результат классификации точки данных после обучения модели, где точка запроса была отнесена к определенному классу на основе ближайших соседей.

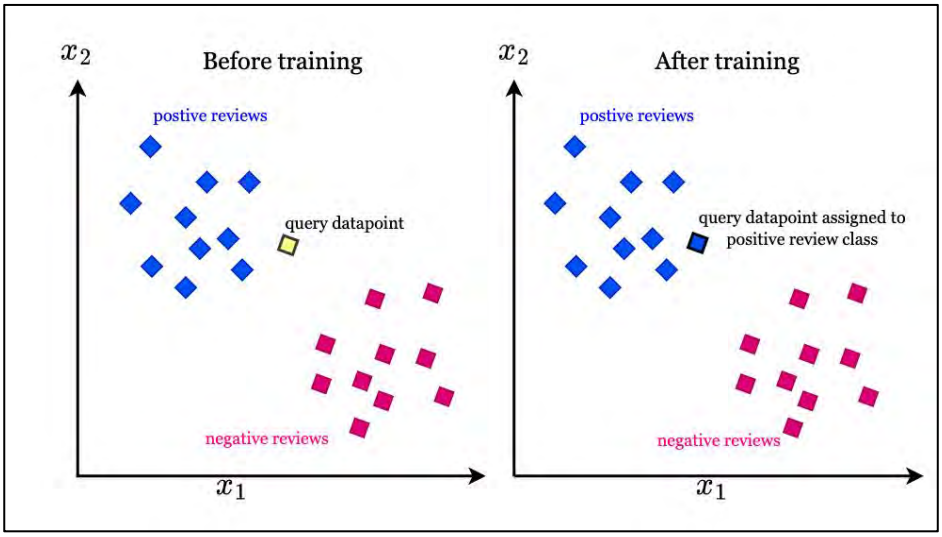


Рисунок 2. Визуализация работы алгоритма *K-Nearest Neighbors*

Дерево решений. Дерево решений представляет собой алгоритм обучения с учителем, который визуализируется как графическое представление всех возможных решений. Оно начинается с корневого узла и разветвляется, выстраивая решения на основе определённых условий. Дерево решений является эффективной моделью для решения задач как регрессии, так и классификации, используя двоичные правила для обучения связи между данными и целевой переменной [5].

В регрессии дерево решений обычно использует среднеквадратическую ошибку (*MSE*) для решения вопроса о разделении узла на два или более подузла. Важным моментом является контроль за сложностью модели, чтобы избежать её переобучения или недообучения, что может негативно сказаться на её способности к обобщению при появлении новых данных.

Оптимальный выбор глубины дерева решений может быть определён с использованием методов валидации или кросс-валидации, позволяющих оценить модель на различных уровнях сложности и выбрать наилучший баланс между способностью к обучению и обобщению.

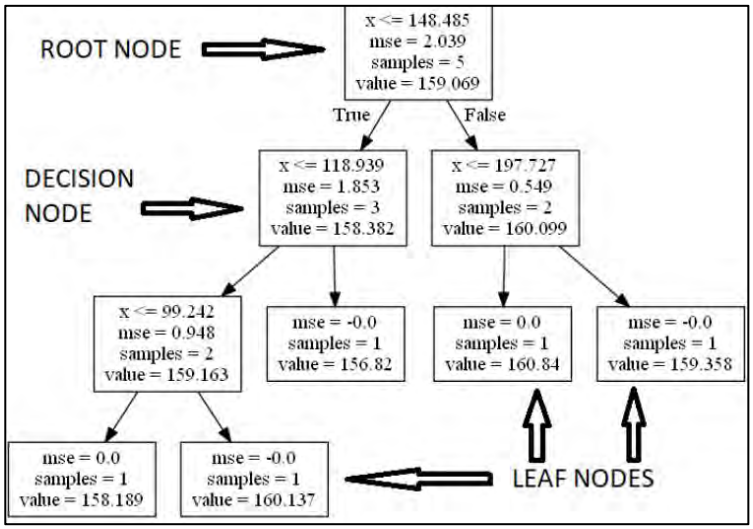


Рисунок 3. Структура дерева решений

Модель регрессии *Random Forest.* *Random Forest* используется для прогнозирования показателей здоровья, так как он обеспечивает статистическую надёжность за счёт ансамбля деревьев решений, что ведёт к уменьшению дисперсии и ошибок прогнозирования по сравнению с одним деревом решений. В контексте здравоохранения, где данные часто зашумлены и неполные, *Random Forest* эффективен в улавливании сложных нелинейных взаимосвязей между множественными предикторами и целевыми переменными.

Ключевым статистическим преимуществом *Random Forest* является его способность обрабатывать большие наборы данных с множеством входных переменных без переобучения. Это особенно ценно в медицинских приложениях, где количество возможных предикторов (например, различные биомаркеры) может быть очень велико. *Random Forest* автоматически проводит выборку переменных для каждого дерева, что помогает уменьшить корреляцию между деревьями в ансамбле и повысить точность обобщения на новые данные.

Эта модель также использует методы для уменьшения переобучения, такие как бутстрэппинг и подбор оптимального количества узлов и глубины дерева. Бутстрэппинг создаёт различные обучающие подмножества путём случайной выборки с возвращением, что позволяет каждому дереву обучаться на немного отличающихся данных. Это повышает разнообразие в ансамбле и уменьшает риск переобучения на шуме или аномалиях в обучающих данных.

Кроме того, *Random Forest* позволяет проводить оценку важности переменных, выявляя, какие предикторы наиболее значимы для прогнозирования интересующих показателей здоровья. Это информирует исследователей и клиницистов о ключевых биомаркерах и помогает в понимании биологических и патофизиологических процессов, лежащих в основе состояний здоровья и болезней.

Как показано на рисунке 4, *RF* случайным образом выбирает подмножество признаков из данных и из каждого подмножества генерирует n случайных деревьев. *RF* объединяет результаты всех деревьев решений и выдает их в итоговый результат.

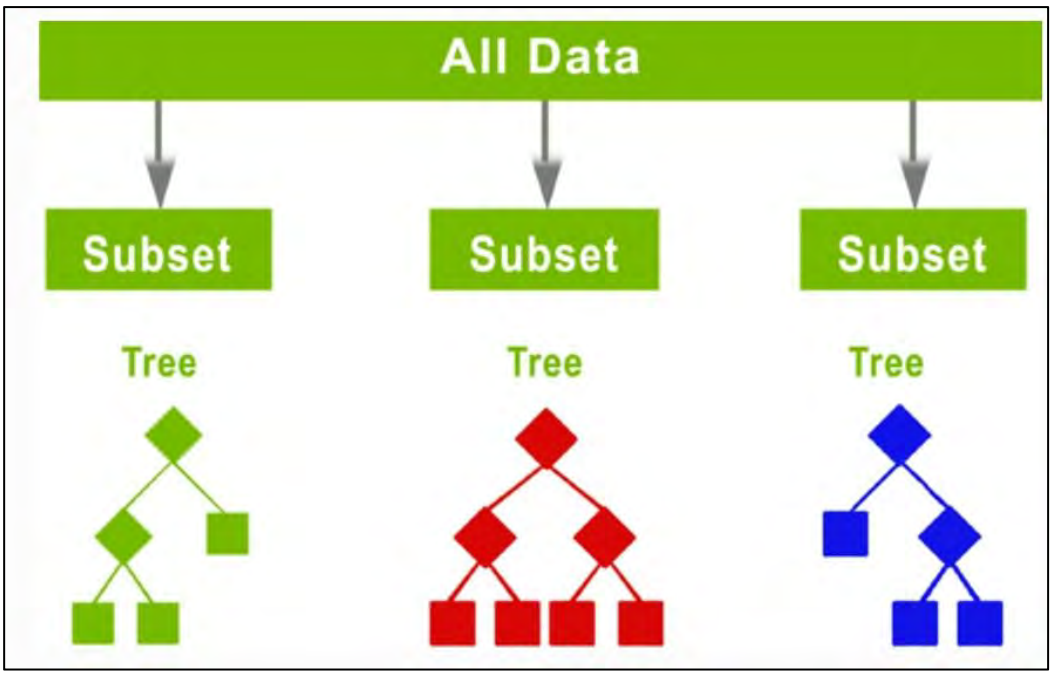


Рисунок 4. Архитектура *Random Forest*

Разделение данных. Для обучения и оценки моделей важно правильно разделить данные. В случае временных рядов сердечного ритма, полученных с помощью актиграфа,

данные были разделены таким образом, что 67% составили обучающую выборку, а оставшиеся 33% – тестовую выборку.

Все модели обучаются и оптимизируются на тренировочном наборе данных и оценены с использованием тестового набора. Это разделение данных позволяет моделям обучаться, не запоминая конкретные данные, что могло бы привести к переобучению, и в то же время обеспечивает достаточное количество данных для верификации точности модели и ее способности к обобщению на новых данных. Этап разделения данных – критически важный процесс, который напрямую влияет на надежность прогнозирующей способности модели в реальных клинических условиях [3].

Оценка модели. Для оценки моделей используются данные, из которых извлекаются временные ряды с различной продолжительностью скользящего окна: 30 секунд, 1 минута, 5 минут, 10 минут, 15 минут, 30 минут и 1 час для каждого участника. Эти данные разделяются на обучающие и тестовые сеты в соответствии с упомянутым выше соотношением. Традиционно, для оценки алгоритмов классификации временных рядов используются такие метрики, как точность и полнота, которые также применимы для расчета точности моделей классификации.

Однако, поскольку в данном исследовании акцент делается на проблемы регрессии временных рядов, эффективность моделей измеряется с использованием различных метрик, предназначенных для моделей регрессии временных рядов. Модели обучаются и используются для выполнения предсказаний для каждого скользящего окна, а затем рассчитываются средние значения средней абсолютной ошибки, среднеквадратической ошибки и корня из среднеквадратической ошибки.

Для понимания, является ли показатель хорошим или плохим, рассчитывается индекс рассеивания (*SI*), который представляет собой *RMSE*, деленный на среднее значение наблюдаемой величины. Если *SI* меньше 10%, это свидетельствует о хорошей модели, а *SI* меньше 5% указывает на очень хорошую модель. В свою очередь, модель прогнозирования должна иметь высокий коэффициент детерминации R^2 (близкий к 1), что показывает, что линия регрессии хорошо соответствует данным, и эффективность модели является высокой. Производительность каждой модели оценивается с использованием *RMSE* и *SI*. [3]

Заключение. Актуальность использования разнообразных моделей регрессии в медицине обусловлена необходимостью точного анализа сложных медицинских данных. Различные модели, такие как *ARIMA*, *Random Forest* и *SVR*, обеспечивают гибкость и адаптивность к динамичным и многомерным данным, что критически важно для точного прогнозирования медицинских показателей. Правильный выбор модели позволяет учитывать специфику данных, улучшая диагностику и разработку персонализированных лечебных подходов. Это способствует прогрессу в здравоохранении и повышает качество медицинского обслуживания, делая тему особенно значимой в современной медицине.

Список литературы

[1] How to Grid Search ARIMA Model Hyperparameters with Python [Electronic resource]. – https://machinelearningmastery.com/grid-search-arima-hyperparameters-with-python/

[2] How to Calculate Precision, Recall, and F-Measure for Imbalanced Classification [Electronic resource]. – https://machinelearningmastery.com/precision-recall-and-f-measure-for-imbalanced-classification/

[3] Cross Validation in Time Series [Electronic resource]. – https://medium.com/@soumyachess1496/cross-validation-in-time-series-566ae4981ce4

[4] Linear Regression in Python [Electronic resource]. – https://realpython.com/linear-regression-in-python/#linear-regression

[5] sklearn.linear_model.LinearRegression [Electronic resource]. – https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.linear_model.LinearRegression.html

Авторский вклад

Ванецкий Николай Андреевич – руководство и постановка задачи исследования BIG DATA для прогнозирования показателей здоровья с применением механизмов машинного обучения.

Василькова Анастасия Николаевна – постановка задачи исследования, описание принципа работы Big Data в улучшении эффективности прогнозирования показателей здоровья с применением механизмов машинного обучения, анализ полученных результатов, формирование структуры статьи.

Кислова Дарья Алексеевна – тестирование программного средства, описание принципов использования моделей ARIMA, Random Forest и SVR, формирование структуры статьи.

WEB APPLICATION FOR PREDICTING HEALTH INDICATORS USING MACHINE LEARNING TECHNIQUES AND ITS ERGONOMIC SOFTWARE

N.A. Vanetsky
Postgraduate student, Department of Engineering Psychology and Ergonomics, BSUIR

D.A. Kislova
BSUIR student, Department of Engineering Psychology and Ergonomics

A.N. Vasilkova
Senior Lecturer, Department of Engineering Psychology and Ergonomics, BSUIR

Abstract. This study presents an analytical review of the application of statistical methods and machine learning algorithms for analyzing time series data on health indicators. The focus is on the use of ARIMA models, linear regression, SVR (Support Vector Regression), KNN (K-Nearest Neighbors), and Random Forest. It emphasizes how the application of these methods contributes to improving the accuracy and personalization of health forecasts, considering the complexity and diversity of medical data.

The process of evaluating the effectiveness of these methods is described based on various metrics, including mean absolute error, mean squared error, and scatter index. This evaluation highlights the significance of their use in modern medical applications. The work demonstrates the importance of integrating advanced data analysis technologies in the field of healthcare to improve patient quality of life.

Keywords: time series, health indicators, ARIMA, machine learning, web applications for health monitoring, medical diagnostics.

УДК [611.018.51+615.47]:612.086.2

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ НАПРЯЖЕНИЙ В КРИСТАЛЛЕ МИКРОБОЛОМЕТРА ПРИ МОНТАЖЕ НА ПРИПОЙ

А.Э. Видрицкий
Аспирант кафедры электронной техники и технологии
AVidritskiy@integral.by

В.Л. Ланин
Профессор кафедры электронной техники и технологии, доктор технических наук
vlanin@bsuir.by

А.Э. Видрицкий

Окончил Белорусский национальный технический университет. Магистр технических наук, аспирант кафедры электронной техники и технологии. Проводит научные исследования по технологии монтажа кристаллов и герметизации в вакууме приемников инфракрасного излучения.

В.Л. Ланин

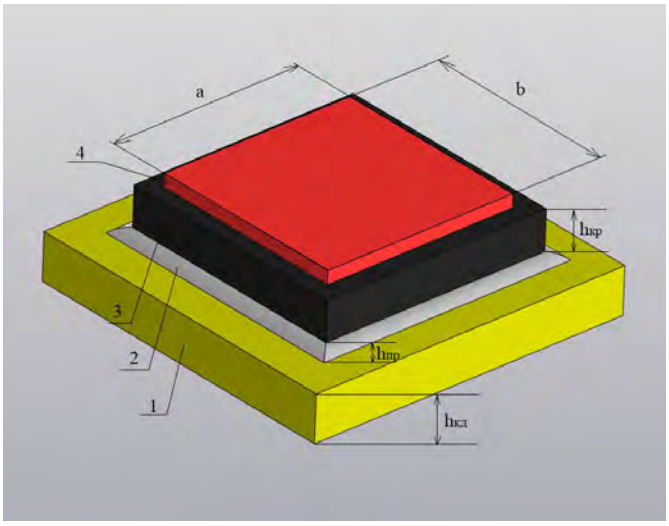
Профессор кафедры электронной техники и технологии. Имеет 30 летний опыт работы в области технологии сборки и монтажа электронной аппаратуры. Автор 10 монографий в данной области.

Аннотация. Монтаж кристаллов в корпуса интегральных схем должен обеспечить высокую прочность соединений при термоциклировании и механических нагрузках, низкое электрическое и тепловое сопротивление, минимальное механическое воздействие на кристалл и отсутствие загрязнений. В результате моделирования получены зависимости механических напряжений в кристалле от типа припоя и его толщины. Отмечен линейный рост механических напряжений в кристалле в зависимости от снижения толщины слоя припоя.

Ключевые слова: монтаж, кристалл, пайка, припой, механические напряжения,

Введение. На технологический процесс пайки и качество паяного соединения кристалла корпусом сильное влияние оказывают чистота соединяемых металлических поверхностей и применяемого припоя, состав атмосферы рабочего процесса и наличие флюсов. Основными дефектами, возникающими при посадке кристалла на кристаллодержатель, являются неполное контактирование кристалла к основанию корпуса и механические напряжения в кристалле из-за несоответствия термических коэффициентов линейного расширения (ТКЛР) материала корпуса и полупроводника. Неполное контактирование снижает механическую прочность и ухудшает условия отвода тепла вследствие увеличения теплового сопротивления в месте соединения кристалла и основания корпуса. Механические напряжения в приконтактной области приводят к образованию в ней микротрещин и к отказам полупроводниковых приборов [1].

Моделирование напряжений в кристалле. Физическую модель напаянного кристалла на кристаллодержатель можно представить в виде трёх многослойных параллелепипедов, которые имитируют кристалл с плоским источником тепла на его поверхности, слой припоя заданной толщины и участок кристаллодержателя, ограниченного размерами паяного соединения (рисунок 1).



1 – кристаллодержатель, 2 – припой, 3 – кристалл, 4 – плоский источник тепла, $h_{кр}$, $h_{пр}$, $h_{кд}$ – толщины кристалла, припоя, кристаллодержателя

Рисунок 1. Физическая модель присоединения кристалла

Максимальное напряжение, возникающее при охлаждении кристалла, определяется выражением [2]:

$$\sigma_{max} = k(\alpha_1 - \alpha_2)(T - T_0)\sqrt{\frac{E_1 E_2 L}{X}},$$

где σ_{max} – максимальное напряжение;

$\alpha_1, \alpha_{2)}$ – ТКЛР припоя и кремния;

$E_{1,}E_2$ – модули упругости припоя и кремния;

T, T_0– температура пайки и окружающей среды;

L – длина кристалла;

X – толщина припоя;

k – коэффициент, зависящий от соотношения $h_{кр}/h_{кд}$.

Для сравнения выбраны три типа припоя: 80*In*15*Pb*5*Ag*, *SAC*305 (95*Sn*3*Ag*0.5*Cu*), 80*Au*20*Sn*, основные характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Характеристики припоев

Параметр	80*Au*20*Sn*	95*Sn*3*Ag*0.5*Cu*	80*In*15*Pb*5*Ag*
Температура плавления, °С	280	220(*L*), 217(*S*)	149(*L*), 145(*S*)
ТКЛР, 10^{-6}	16	22	28
Коэффициент теплопроводности, Вт/мК	57	58	43
Удельное электрическое сопротивление, мкОм·см	16,4	13,2	13,3
Плотность, г/см^3	14,51	7,4	8,85
Прочность на разрыв, МПа	275	50	180
Модуль Юнга, ГПа	68	16,6	11

Моделирование механических напряжений в кристалле приемника ИК-излучения проведено посредством использования пакета прикладных программ *MATLAB*. В результате моделирования получена зависимость механических напряжений в кристалле от толщины припоя в диапазоне от 40 до 150 мкм при коэффициенте *к* = 0,33.

Алгоритм программы, позволяющей одновременно построить для трех разных припоев зависимости механических напряжений в кристалле от толщины припоя в одной системе координат приведен на рисунке 2. На рисунке 3 показаны зависимости механических напряжений в кристалле от толщины припоя. Как видно из рисунка 3 наблюдается снижение величины напряжений с ростом толщины слоя припоя: для 80*In*15*Pb*5*Ag* с 260 до 120 МПа, *SAC*305 с 230 до 100 МПа, 80*Au*20*Sn* с 300 до 140 МПа. Это явление связано с термическими деформациями материалов, которые линейно пропорциональны перепаду температуры

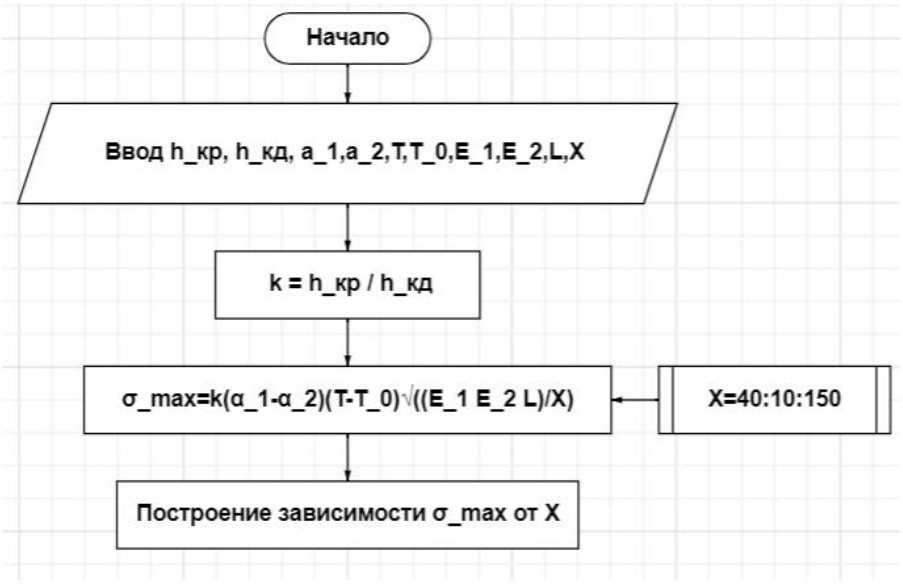


Рисунок 2. Алгоритм программы расчета и графического отображения зависимости механических напряжений в кристалле от толщины припоя

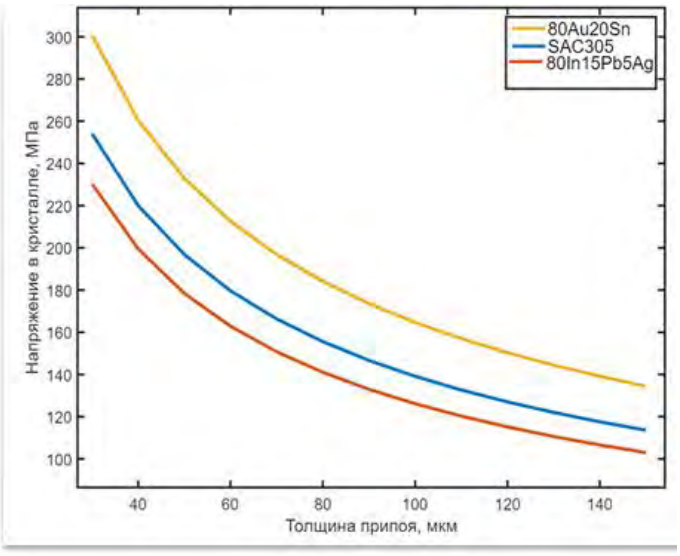


Рисунок 3. Зависимости механических напряжений от толщины припоя

Установлено, что при монтаже кристалла на эвтектику *Au-Si* в диапазоне температур от 400 °С до 500 °С механические напряжения в кристалле варьируются от 50 МПа до 350 МПа [4]. Величина напряжений в 50 МПа является наиболее приемлемой, но экспериментально установлено, что монтаж кристаллов при температурах свыше 320 °С приводит к необратимой деградации характеристик микроболометра и, соответственно,

неприменим для данного типа изделий. Максимальное величина механических напряжений кремния, которая приводит к его разрушению составляет порядка 580 МПа [5].

На основании полученных результатов можно сделать вывод о том, что для предотвращения возникновения в кристалле микроболометра остаточных механических напряжений целесообразно монтаж кристалла проводить на припой толщиной не менее 40 мкм, а также снижению вероятности механического повреждения кристалла способствует использование низкомпературного припоя.

Заключение. Полученные результаты облегчают оценку остаточного термического напряжения в процессе монтажа кристалла в основание корпуса методом пайки. Снижению механических напряжений в кристалле в процессе монтажа способствует использование легкоплавкого припоя, а также увеличение его толщины. Таким образом, термомеханическое моделирование может быть полезным инструментом в изготовлении приемников инфракрасного излучения.

Список литературы

[1] Зенин, В.В. Монтаж кристаллов и внутренних выводов в производстве полупроводниковых изделий / В.В. Зенин, В.А. Емельянов, В.Л. Ланин. – Минск: Интегралполиграф, 2015 – 380 с.

[2] Синкевич, В.Ф. Физические основы диагностирования предельных состояний и обеспечения надежности мощных транзисторов / В.Ф. Синкевич // Электронная промышленность. – 1990. – Вып.6. – С. 19–26.

[3] Ланин, В.Л. Сборка мощных бескорпусных MOSFET- транзисторов для поверхностного монтажа / В.Л. Ланин, А.Ф. Керенцев // Силовая электроника. 2009.– № 3 – С. 76–79.

[4] Сологуб, Л.В. Механические напряжения в кристаллах ИМС после посадки в корпус / Л.В. Сологуб, А.В. Короткевич // Современная радиоэлектроника: научные исследования и подготовка кадров: сб. материалов МНПК, Минск, 23–24 апреля 2008г. в 3 ч. Ч. 1. – Минск.: МГВРК, 2008. – 186 с.

[5] Генерация второй оптической гармоники, индуцированной механическими напряжениями в кремнии / О.А. Акципетров [и др.] // Письма в ЖЭТФ – 2009. – Т. 90,– С. 813-817.

Авторский вклад

Ланин Владимир Леонидович – постановка задачи исследования, руководство исследованием, оценка качества.

Видрицкий Александр Эдуардович – определение методики проведения моделирования, разработка программы, моделирование, формирование структуры статьи.

SIMULATION OF MECHANICAL STRESSES IN THE MICROBOLOMETER CRYSTAL DURING SOLDER MOUNTING

A. E. VIDRYTSKI
Graduate student
Department of Electronic System and Technology, BSUIR

V.L. LANIN
Doctor of Technical Sciences
Professor, Department of Electronic System and Technology, BSUIR

Abstract. The installation of crystals in integrated circuit housings should ensure high strength of connections during thermal cycling and mechanical loads, low electrical and thermal resistance, minimal mechanical impact on the crystal and the absence of contamination. As a result of the simulation, the dependences of mechanical stresses in the crystal on the type of solder and its thickness are obtained. A linear increase in mechanical stresses in the crystal is noted, depending on the decrease in the thickness of the solder layer.

Keywords: installation, crystal, soldering, solder, mechanical stresses

УДК 004.051;891.5;614.2

КОНФИДЕНЦИАЛЬНОСТЬ МЕДИЦИНСКИХ ДАННЫХ В СЕТИ IOT ДЛЯ IT ДИАГНОСТИКИ ПАЦИЕНТОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ БЛОКЧЕЙН

В.А. Вишняков
Профессор кафедры ИКТ
БГУИР, д.т.н., профессор
vish@*bsuir.com*

С. Ивэй
Аспирант БГУИР
xiayiwei4@gmail.com

В.А. Вишняков

Окончил Минский радиотехнический институт. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов инфокоммуникационных систем, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в области сетей IoT и блокчейн.

С. Ивэй

Учится в аспирантуре в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с ИТ-диагностикой и сетями интернета вещей (IoT).

Аннотация. Целью исследования является задача обеспечения конфиденциальности и безопасности при управлении медицинскими данными в сети Интернета вещей (*IoT*) ИТ-медицины. В докладе предлагается интеграция технологии Интернета вещей, блокчейн и файловой системы (*IPFS*) для защиты медицинских данных. Имеется неэффективность традиционных механизмов защиты данных при обработке конфиденциальной медицинской информации, генерируемой устройствами Интернета вещей. В исследовании предлагается подход для хранения персональных медицинских данных с использованием блокчейн, смарт-контрактов для обеспечения правил их обработки. Приведена структура такой системы, включающей сеть *IoT* и блокчейн. Файловая система *IPFS* используется для преодоления технических ограничений блокчейна при обработке крупномасштабных данных, обеспечивая хранение больших объемов медицинских данных.

Ключевые слова: блокчейн, конфиденциальность медицинских данных, сеть Интернет вещей (*IoT*), межпланетная файловая система (*IPFS*), смарт-контракты**.**

Введение. С развитием информационных технологий применение Интернета вещей (*IoT*) в ИТ-медицине становится все более распространенным, особенно в ИТ-диагностике заболеваний и мониторинге состояния пациентов. Эти технологические достижения продвинули развитие ИТ-здравоохранения, особенно в области мониторинга данных в режиме реального времени, удаленной диагностики и повышения эффективности и качества обслуживания пациентов. Однако экспоненциальный рост объема медицинских данных вызвал серьезные опасения по поводу их конфиденциальности и безопасности. Обеспечение сохранности этих конфиденциальных данных имеет решающее значение для поддержания доверия пациентов и соблюдения нормативных требований.

Проблема медицинских данных. С применением технологии Интернета вещей в

области ИТ-медицины соответственно увеличились исследования в области конфиденциальности медицинских данных. Анализ публикаций указывает на то, что, хотя устройства Интернета вещей играют решающую роль в повышении эффективности диагностики и лечения, они также создают новые проблемы в области безопасности данных и защиты частной жизни. *Newaz* и др. [1] продемонстрировали, что традиционные механизмы защиты данных неэффективны и уязвимы для атак при обработке больших объемов конфиденциальных медицинских данных, генерируемых устройствами Интернета вещей. *Yaqoob* и др. [2] подчеркнули, что существующим методам защиты данных часто не хватает достаточной прозрачности и прослеживаемости, которые особенно важны в области медицины.

Технологии блокчейн. Технология блокчейн, известная своей децентрализацией, неизменяемостью и прозрачностью, широко рассматривается как эффективное решение проблем конфиденциальности медицинских данных. Целью данного исследования является изучение того, как технология блокчейн может быть использована в среде Интернета вещей для защиты конфиденциальности и безопасности медицинских диагностических данных. В докладе рассмотрены текущие проблемы в области защиты конфиденциальности медицинских данных и потенциальные применения технологии блокчейн, предложена инновационная стратегия повышения конфиденциальности диагностических данных пациентов в контексте Интернета вещей. Исследование сосредоточено на том, как технология блокчейн может обеспечить безопасность данных, оптимизируя процессы медицинского обслуживания и повышая уверенность пациентов в защите их личной медицинской информации.

Технология блокчейн предлагает новое решение этих проблем. Ее основные функции включают децентрализацию, неизменяемость и прозрачность. В сети блокчейн данные организованы в ряд взаимосвязанных «блоков» и защищены сложными алгоритмами шифрования. Децентрализованный характер подразумевает, что ни одна организация не может контролировать всю сеть целиком, что снижает риск незаконного изменения или удаления данных. Неизменяемость гарантирует, что после записи данных в блокчейн они не могут быть изменены или стерты, что гарантирует подлинность и целостность данных. Более того, прозрачность блокчейна позволяет участникам сети видеть все записи транзакций, облегчая мониторинг и аудит. Однако, несмотря на теоретические преимущества технологии блокчейн, она сталкивается с проблемами и ограничениями в практическом применении, включая незрелую технологию, низкую скорость обработки и сложности интеграции с существующими медицинскими системами.

Защита конфиденциальности медицинских данных. В области медицины защита конфиденциальности данных пациентов имеет важное значение. Эти данные включают личную медицинскую информацию, медицинские записи и результаты диагностики, которые требуют высокого уровня конфиденциальности и безопасности. Однако традиционные методы защиты медицинских данных, такие как централизованные базы данных и стандартные технологии шифрования, сталкиваются с многочисленными проблемами при обработке и хранении больших объемов данных. Основные проблемы включают подверженность сетевым атакам, потенциальную утечку данных и отсутствие эффективных механизмов проверки целостности данных. Технология блокчейн обеспечивает решение этих проблем. Ее основные преимущества заключаются в повышении безопасности данных и защите конфиденциальности при одновременном повышении прозрачности. Ее использование в сети ИТ-диагностики достигает следующих результатов:

1 Безопасная передача и хранение данных: используя неизменяемость блокчейна, медицинские данные, попав в цепочку, не могут быть изменены, что обеспечивает

подлинность и целостность данных. Децентрализованный характер блокчейн означает, что данные больше не хранятся на одном сервере, что снижает риски возникновения отдельных точек сбоя и утечки данных.

2 Смарт-контракты на блокчейне – это протоколы автоматического исполнения, которые гарантируют, что обработка медицинских данных и обмен ими осуществляются в соответствии со строгими правилами, которые предварительно закодированы и согласованы. С помощью смарт-контрактов может быть реализован автоматический контроль разрешений на доступ к данным, защищая таким образом конфиденциальность пациентов.

3 Интеграция с файловой системой *InterPlanetary File System* (*IPFS*): чтобы устранить технические ограничения блокчейна при обработке крупномасштабных данных, в этом исследовании предлагается хранить файлы медицинских баз данных в распределенной файловой системе *IPFS*. Файловая система может эффективно и безопасно хранить огромные объемы данных при меньших затратах. Как только данные сохраняются в *IPFS*, система возвращает уникальное хэш-значение. Это хэш-значение затем сохраняется в смарт-контракте на блокчейне, обеспечивая целостность и неизменяемость данных и решая проблему ограниченной емкости хранилища блокчейна.

Интеграция сетей, блокчейн и файловой системы. В исследовании был реализован комплексный подход для обеспечения безопасного хранения и защиты конфиденциальности медицинских данных, используя возможности сетей IoT, блокчейн и файловой системы *IPFS*. Это обеспечило распределенное хранение медицинской информации в сочетании с технологией смарт-контрактов блокчейн *Ethereum*. На рисунке 1 представлена структурная схема всей системы, укрупненный алгоритм работы которой включает следующие шаги:

1 Медицинские данные, включая личную информацию пациентов, медицинские записи и результаты прогнозирования заболеваний, извлекаются из базы данных (*MongoDB*). Чтобы обеспечить безопасность этих данных во время их передачи и хранения, был использован метод шифрования *Advanced Encryption Standard* (*AES*). Метод шифрования, реализуемый на Python, гарантировал, что данные остаются защищенными и неповрежденными даже при передаче по сетям общего пользования.

2 Зашифрованные данные загружаются в *IPFS*. Являясь распределенной системой хранения файлов, *IPFS* повышает доступность данных и устойчивость к цензуре за счет фрагментации файлов на множество частей и распространения их по глобальной сети. Каждый файл, загруженный в *IPFS*, генерирует уникальное хэш-значение, что облегчает поиск данных и доступ к ним в будущем. использовали *IPFS API* или инструменты командной строки для загрузки файлов и тщательно записали соответствующее хэш-значение каждого файла.

3 Написание смарт-контракта на блокчейне *Ethereum* для обеспечения безопасного доступа и извлечения медицинских данных. Смарт-контракт включал в себя ключевые функции, такие как регистрация медицинских данных, генерация лицензии, утверждение заявки и валидация лицензии. Контракт был развернут в локальной тестовой сети *Ethereum* с использованием платформы разработки *Truffle Ethereum*. Развертывание и функциональность смарт-контракта были проверены с помощью программного обеспечения *GANACHE*, которое имитирует сетевую среду *Ethereum*.

4 Создание *JavaScript*-скрипта для взаимодействия с узлом *GANACHE* (действующим как представитель сети *Ethereum*) через *Web3.js*. Этот скрипт включал логику взаимодействия со смарт-контрактом, облегчая хранение и извлечение хэш-значений медицинских данных из *IPFS* в рамках смарт-контракта.

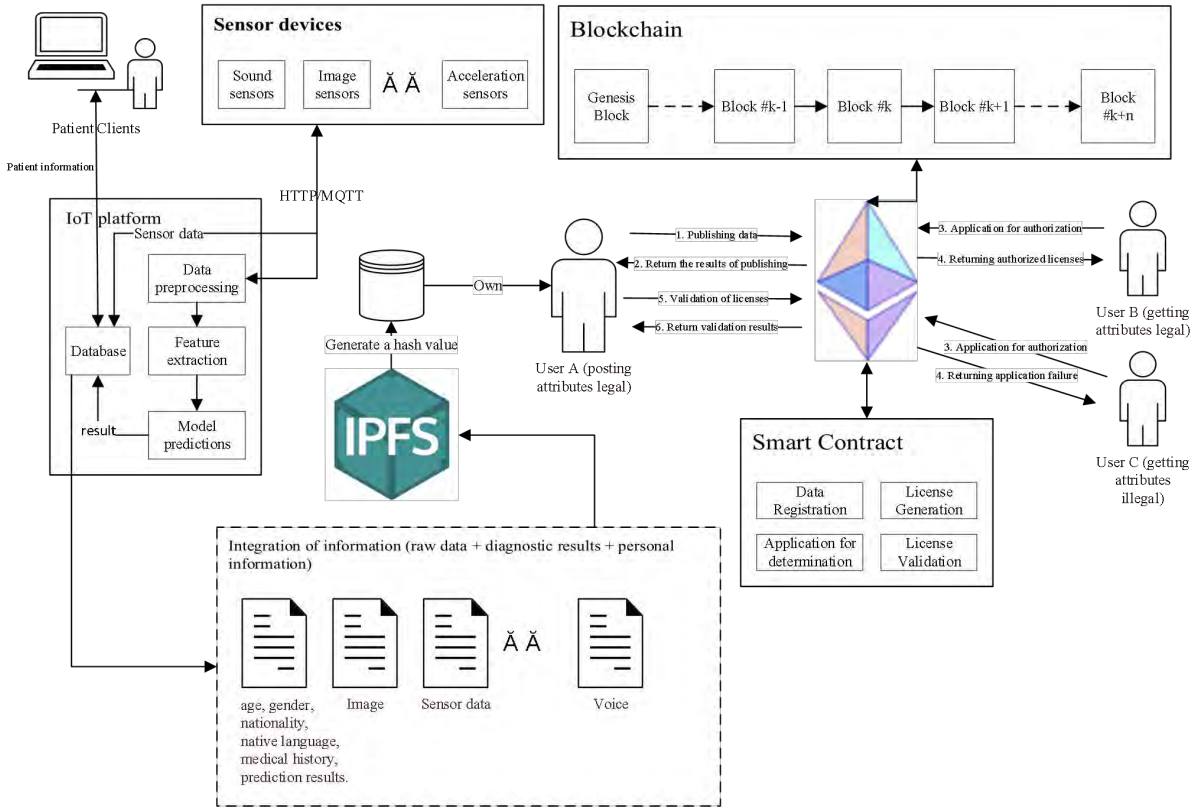


Рисунок 1. Структура хранения данных с *IoT* с использованием Ethereum

5 Запуск этого скрипта позволил извлечь хэш-значения медицинских данных, хранящихся в IPFS, из смарт-контракта. Эти хэш-значения затем используются для извлечения соответствующих зашифрованных файлов из сети *IPFS*.

Заключение. Благодаря интеграции сетей *IoT*, блокчейн и распределенной системы хранения файлов *IPFS* (смарт-контрактов *Ethereum*), разработана система, обеспечивающая конфиденциальность хранения медицинским данным. Описан укрупненный алгоритм работы системы, обеспечивающий конфиденциальность и целостность данных, демонстрируя потенциал технологии блокчейн в защите медицинских данных.

Список литературы

[1] Newaz, Akm Iqtidar, Amit Kumar Sikder, Mohammad Ashiqur Rahman, and A. Selcuk Uluagac. A survey on security and privacy issues in modern healthcare systems: Attacks and defenses. ACM Transactions on Computing for Healthcare, 2021. – 44 p.

[2] Yaqoob, Ibrar, Khaled Salah, Raja Jayaraman, Yousof Al-Hammadi. Blockchain for healthcare data management: opportunities, challenges, and future recommendations. Neural Computing and Applications, 2021. – 16 p.

[3] Вишняков В.А., Ся Ивей. Распознавание признаков болезни Паркинсона на основе анализа голосовых маркеров и двигательной активности. Информатика. – 2023. − Т. 20, № 3. – С. 106–114.

Авторский вклад

Вишняков Владимир Анатольевич – руководство исследованием по использованию блокчейн в сетях ИВ ИТ-диагностики, концепция.

Ся Ивей – описание структуры системы, алгоритм ее работы

CONFIDENTIALITY OF MEDICAL DATA IN THE INTERNET OF THINGS IT DIAGNOSTICS OF PATIENTS BASED ON BLOCKCHAIN TECHNOLOGY

U.A. Vishniakou
Professor, Department of Infocommunication technology of BSUIR, Doctor of Technical sciences, Professor

X. Yiwei
PhD student, Department of Infocommunication technology of BSUIR

Abstract. The aim of the study is to ensure confidentiality and security in the management of medical data in the Internet of Things (IoT) network of IT medicine. The report proposes the integration of Internet of Things technology, blockchain and file system (IPFS) to protect medical data. There is an inefficiency of traditional data protection mechanisms when processing confidential medical information generated by IoT devices. The study proposes an approach for storing personal medical data using blockchain, smart contracts to ensure the rules of their processing. The structure of such a system, including the IoT network and the blockchain, is given. The IPFS file system is used to overcome the technical limitations of the blockchain when processing large-scale data, providing storage of large volumes of medical data.

Keywords: blockchain, confidentiality of medical data, Internet of Things (IoT), interplanetary file system (IPFS), smart contracts.

УДК 159.9.072

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СКЛОННОСТИ К РИСКУ СТУДЕНТОВ

А.Ю. Яцкевич
Старший преподаватель
федры инженерной психологии
эргономики БГУИР, магистр
педагогических наук
yatskevich@bsuir.by

А.Ю. Яцкевич

Окончила Белорусский государственный университет имени М. Танка по специальности "Практическая психология и иностранный язык". В 2001 году защитила магистерскую диссертацию на соискание степени магистра педагогических наук. Сфера научных интересов: психология безопасности, инженерно-психологическое проектирование информационных технологий.

Аннотация. В статье представлены результаты исследования склонности к риску студентов БГУИР в 2010-2012 и 2020-2023 годах. Показано снижение склонности к риску у современных студентов по сравнению с их предшественниками. Обосновывается необходимость продолжения исследования с опорой на экспериментальные методы диагностики поведения в условиях опасности.

Ключевые слова: склонность к риску, безопасность, риск, психодиагностика.

Введение. В последнее время вновь актуализировались вопросы взаимосвязи личной и общественной безопасности, сравнительной роли генетики, социальной среды и личностных особенностей, образа жизни и поведения в сохранении и поддержании здоровья. В условиях пандемии *Covid*19 тезис об отсутствии нулевого риска, о том, что любая деятельность, активность является потенциально опасной вышел за рамки научных дискуссий и стал аксиомой обыденной жизни каждого человека. В связи с этим представляет интерес изучение того, отличается ли отношение к здоровью и к риску, склонность к риску студентов разных лет.

Описание исследования

Под склонностью в психологии понимают положительное отношение к какой-либо деятельности, наличие внутренней мотивации к ней, когда привлекательными являются не только результат, но и процесс деятельности [1]. Риск – это показатель опасности, характеристика состояния системы, определяемая статистическими методами на основе эмпирических данных о степени вероятности наступления вреда и степени тяжести его последствий [2]. Таким образом, склонность к риску можно рассматривать как устойчивую личностную диспозицию, связанную с наличием внутренней мотивации к выполнению деятельности, характеризуемой значительной вероятностью опасности (материальной, физической, социальной и т.п.), при этом выбор более рискованной стратегии поведения не связан с получением выгоды. Выделяют следующие составляющие склонности к риску (Л. Шмидт) [3]:

1 Психическая готовность к риску – готовность к угрозе своей телесной неприкосновенности.

2 Социальная готовность к риску – готовность действовать нестандартным способом, игнорировать существующие шаблоны поведения и возможное неодобрение окружающих.

3 Финансовая готовность – готовность к финансовым издержкам и убыткам.

Нами было проведено исследование склонности к риску студентов 1 и 3 курса БГУИР специальности «Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий» в 2010-2012 и 2020-2023 годах. Всего в исследовании приняли участие 287 человек, из них 205 (71,4%) – юноши и 82 (28,6%) – девушки.

Для диагностики склонности к риску использовался опросник Г. Шуберта, где респондентам предлагается по 5-ти балльной шкале (от «+2» – полностью согласен до «-2» – совершенно не согласен) оценить свою готовность выполнить определенные рискованные действия (например, совершить прыжок с парашютом, превысить установленную скорость, чтобы помочь тяжелобольному человеку и т.п.) [4]. Всего опросник включает 25 ситуаций, следовательно, максимально возможное значение показателя склонности к риску составляет «+50» баллов, минимальное «– 50».

Наглядно результаты исследования представлены на диаграмме ниже.

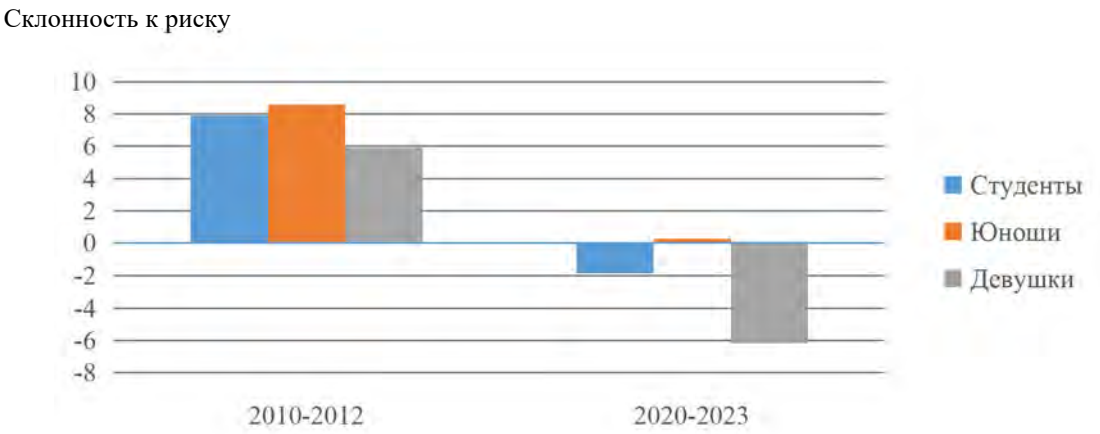


Рисунок 1. Диаграмма средних значений склонности к риску студентов в 2010-2012 и 2020-2023 гг.

Согласно полученным данным, в 2010-2012 гг. склонность к риску студентов БГУИР можно охарактеризовать как невысокую: среднее значение составило 7,9 баллов, при этом у юношей 8,6 баллов и у девушек 5,9. Гендерные различия показателя склонности к риску не являются статистически значимыми: вероятность ошибки t-критерия Стьюдента составляет 0,26. Следовательно, в 2010-2012 гг. уровень склонности к риску опрошенных юношей и девушек примерно одинаков.

В 2020-2023 гг. показатели склонности к риску иные: среднее значение склонности к риску студентов – 1,8, в том числе юношей 0,25 и девушек – 6,2. Различие средних значений показателя склонности к риску юношей и девушек увеличилось и стало статистически значимым: вероятность ошибки *t*-критерия Стьюдента $p<0,01$. Таким образом, можно утверждать, что в настоящее время студенты-девушки менее склонны к риску, чем юноши.

Полученные результаты позволяют предположить, что склонности к риску студентов 2020-2023 гг снизилась по сравнению с показателями студентов 2010-2012 гг. Сравнение средних значений склонности к риску данных групп студентов при помощи t-критерия Стьюдента показывает, что наблюдаемые различия являются статистически

значимыми (вероятность ошибки $p<1\%$). При этом статистическая значимость различий отмечается как по выборке в целом, так и в подгруппах юношей и девушек.

Заключение. Склонность к риску студентов БГУИР 2020-2023 гг. значительно меньше склонности к риску студентов, обучавшихся в 2010-2012 гг. Однако проведенное исследование не позволяет сделать однозначный вывод о том, что выступило причиной такого снижения: действительное осознание роли безопасности, ответственного поведения в условиях множественных угроз или изменение характера опасностей, которые характерны для современного общества и не отражены в опроснике Г. Шуберта. Для уточнения этого вопроса, а также для повышения валидности получаемых данных целесообразно проводить изучение поведения испытуемых в условиях риска с использованием не опросников, а тестов действия, квазиэкспериментальных методов. Современные информационные технологии позволяют проводить подобные исследования на основе моделирования ситуаций с различными видами опасности [5].

Список литературы

[1] Большой психологический словарь / под ред. Б. Г. Мещерякова, В. П. Зинченко. – 3-е изд., доп. и перераб. – Санкт-Петербург : Прайм-Еврознак, 2007. – 666 с.

[2] Яцкевич, А.Ю. Системный анализ понятийного поля проблемы безопасности жизнедеятельности. – А.Ю. Яцкевич, И.Г. Шупейко. // Вестник Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь. – 2014. – №1(19). – С. 96 -104.

[3] Ильин, Е.П. Психология риска. / Е.П Ильин. – СПб.: Питер, 2012. – 288 с.

[4] Практикум по дифференциальной психодиагностике профессиональной пригодности. Учебное пособие / Под общ. ред. В.А. Бодрова. – М.: ПЕР СЭ, 2003 – С. 581 - 584.

[5] Яцкевич, А.Ю. Программно-аппаратный комплекс для исследования поведения человека в условиях опасности / А.Ю. Яцкевич, И.Г. Шупейко // Доклады БГУИР. – 2015. – № 7(93). – С.65 - 70.

Авторский вклад

Яцкевич Алина Юрьевна – руководство сравнительным анализом, проведение исследования, формирование статьи.

COMPARATIVE ANALYSIS OF STUDENTS' RISK-TAKING

A.Y. Yatskevich
Senior lecturer at the Department of Engineering Psychology and Ergonomics of BSUIR, MA

Abstract. The article presents the results of a study of BSUIR students' risk-taking in 2010-2012 and 2020-2023 years. The paper shows that the risk-taking tendency of modern students has reduced compared to their predecessors. The necessity to continue the research using experimental methods of risk behavior diagnostics is grounded.

Key words: risk-taking, safety, risk, psychodiagnostics.

UDC 336.774.3

USING LINEAR WEIGHTED COMBINATIONS IN MARKETING DATA ANALYSIS

Rahel D. M.
PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Economics of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics
ragel@bsuir.by

Dzmitry Rahel

In 2000 he graduated from the Faculty of Economics of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics with a degree in Economic Informatics. In 2016 he graduated from the postgraduate course of the Academy of Management under the President of the Republic of Belarus. In 2018 he defended his PhD thesis. Research interests: data mining in marketing, process modeling, data analysis, statistical forecasting, macroeconomics.

Annotation. The article outlines an approach to constructing linearly weighted combinations for market forecasting. In addition, approaches to specifying and calibrating additive models are given, which can be built on the basis of data obtained during market research or based on the results of the economic activities of an individual enterprise. Finally, the proposed directions for using this type of model are described.

Keywords: data analysis, marketing data, big data, massive data, forecasting, marketing analytics, action analysis, market activity, matrices, scalar values, predictive analytics, market forecast.

Linear-weighted combinations are used in cases where a single assessment of a phenomenon is required based on variables that make different contributions to the final result. In a single model, data of this type can only be used as a weighted combination, that is, using weighting coefficients that emphasize the overall contribution of the variables to the final result of the model. A linearly weighted combination allows you to take a number of significant vectors and multiply each of them by a scalar value and then sum them up in order to obtain the final result in the form of a single integral estimate (1).

$$y=a_1*x_1+a_2*x_2+a_3*x_3+\ldots+a_n*x_n; \quad (1)$$

The scalar values of the model can be a real-valued number, the vector values must have the same dimension. This kind of equation can be rewritten for operations with vectors. Considering that vector records can contain negative values.

As statistics accumulate, it is necessary to adjust scalar values in order to increase the accuracy of estimates or compare options for the course of processes in economic systems. In our study, we considered process analytics based on a five-factor model, which allows us to model and compare the processes under study.

In our model, the initial version of the scalars was taken based on the results of the assessments of objects of the same type (2).

$$a_1=0{,}36,\ a_2=0{,}24,\ a_3=0{,}08,\ a_4=0{,}12,\ a_5=0{,}2; \quad (2)$$

If we take a base vector with a certain set of values, we get a final vector that determines the state of the factors of the system under consideration (3).

$$x_1=\begin{bmatrix}1\\2\\1\end{bmatrix},\ x_2=\begin{bmatrix}4\\3\\2\end{bmatrix},\ x_3=\begin{bmatrix}1\\-1\\2\end{bmatrix},\ x_4=\begin{bmatrix}6\\3\\7\end{bmatrix},\ x_5=\begin{bmatrix}3\\4\\4\end{bmatrix}; \quad (3)$$

Taking into account the calculations performed, we obtain the following value of the final vector (4).

$$y=a_1*x_1+a_2*x_2+a_3*x_3+a_4*x_4+a_5*x_5=\begin{bmatrix}2{,}72\\2{,}52\\2{,}64\end{bmatrix}; \quad (4)$$

As practice accumulated and additional assessments were carried out, the coefficient values were adjusted (5).

$$a_1=0{,}32,\ a_2=0{,}21,\ a_3=0{,}12,\ a_4=0{,}18,\ a_5=0{,}17; \quad (5)$$

Taking this into account, the model result for the same vector of values will change (6).

$$y=a_1*x_1+a_2*x_2+a_3*x_3+a_4*x_4+a_5*x_5=\begin{bmatrix}2{,}87\\2{,}37\\2{,}92\end{bmatrix}; \quad (6)$$

From the point of view of predictive analytics and performance assessment, the accuracy of modeling has changed and the analytics of process activity in the system under consideration has become more accurate (Figure 1).

Figure 1. Comparison of the accuracy of estimates made using variant 1 and variant 2 of the model under consideration

In the practical implementation of linear-weighted combinations for evaluating large data sets, it is advisable to implement them in the form of multiplication of vectors and matrices.

Taking this into account, we can highlight the main directions for using linear-weighted models:

– the data that results from the model predicts the outcomes of processes and is calculated based on a linearly weighted combination of regressors and scalar values;

– when undergoing dimensionality reduction procedures, based on the selection of components and increasing their dispersion;

– use of input data taking into account scalar values for subsequent nonlinear transformation within neural networks.

References

[1] Мыльников Л.А. Статистические методы интеллектуального анализа данных. – БХВ-Петербург, 2021. – 119 с.

[2] Data Science and Big Data Analytics. A Step by Step Guide to learn Data Science from Scratch with Python Machine Learning and Big Data / Andrew Park. – Published by Andrew Park, 2021. – 124 p.

[3] Nicholson W.L. Exploring Data Analysis. – Nobel Press, 2012. – 421 p.

author's contribution

Rahel Dzmitry Mikhailovich – examined using linear weighted combinations in marketing data analysis, article formation.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЛИНЕЙНО-ВЗВЕШЕННЫХ КОМБИНАЦИЙ ПРИ АНАЛИЗЕ РЫНОЧНЫХ ДАННЫХ

Рагель Д.М.
к.э.н., доцент кафедры экономики
Белорусского государственного
университета информатики и
радиоэлектроники

Аннотация. В статье изложен подход к построению линейно-взвешенных комбинаций при рыночном прогнозировании. Кроме этого приводятся подходы к уточнению и калибровке аддитивных моделей, которые могут быть построены на основании данных, полученных в ходе исследований рынка или по итогам хозяйственной деятельности отдельного предприятия. В завершении описываются предполагаемые направления использования такого типа моделей.

Ключевые слова: анализ данных, маркетинговые данные, большие данные, массив данных, прогнозирование, маркетинговая аналитика, анализ действий, рыночная активность, матрицы, скалярные значения, прогнозная аналитика, рыночный прогноз.

УДК 004.6

DATA ANALYSIS AND PROCESSING

N.A.Naim
Assistant at the Tashkent University
of Information Technologies
named after Muhammad al Khorazmiy,
nodira343y@mail.ru

N.A. Naim

She graduated from the Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al Khorazmiy. TUIT teacher on the estate of Muhammad al Khorazmiy.

Abstract. The article reflects the results of research aimed at increasing the efficiency of global data processing. The proposed approach provides all the capabilities for global processing and work with data. When healthcare organizations work with Teradata, data processing increases exponentially.

Keywords: Big data, medicine, DBMS, teradata

Introduction. Many researchers are engaged in identifying features in Big data. Popularity in the study of big data appeared already at the beginning of 2010, but the greatest vector of development fell in 2020–2020. Lately, a modern person cannot imagine his day without posting photos, posts and videos on the open Internet. At the same time, machines generate even more information; smartphones and computers are to blame, and today they create more than 80% of new data. In 2018, the weight of data around the world was 33 billion TB, and by 2025 it is predicted to reach 175 billion TB. Due to the great growth of data, it needs to be analyzed and studied. It is necessary to simultaneously look at how the temperature is changing across the globe or how the decrease in water resources on the planet has occurred over the past 50 years.

Big data began to increase its characteristics as it was studied and subsequently exploited to the already familiar characteristics: huge volumes, speed of data analysis, diversity. Add authenticity and value. Anyone who can now learn to store and process large volumes of data will always have a competitive advantage in the financial market. The future is getting closer, in which big data analysis will make it possible to figure out how to distribute supplies of food, energy and medicine at the level of cities, countries, or even the entire planet. In-depth study is already helping to fight crime, and the first steps are being taken in the United States. Based on historical data on thefts, analytics department specialists predict in which areas new incidents will occur and send more patrol officers to such areas [1].

In 2019, the whole world was faced with the COVID-19 pandemic such global shocks had not occurred in more than 75 years. In the 21st century, this is the first epidemic that has so greatly affected the life cycle of people across the planet. For the first time, many countries are faced with such a large number of cases and, most importantly, mortality. Medical facilities were overcrowded and a number of organizations lacked a structured procedure for dealing with such situations. Doctors were faced with a new disease, not understanding what methods to treat, and

most importantly, save the population. To formulate a competent treatment process, it was necessary to understand the primary symptoms such as: age, gender, chronic diseases, date of illness. Those organizations that have already used Big data in their work fought the disease much faster and more successfully. Thanks to specialists from the Big Data profile, DBMSs were created that helped doctors track the course of the disease and which medicine had the best effect during therapy. Reliance on artificial intelligence has helped to significantly reduce the number of deaths, as the time for making decisions has been reduced.

Big Data in medicine could significantly expand horizons in working with the healthcare sectors and make the work of an ordinary specialist easier. At higher levels of management, it is possible to replenish specialists in those places where it is necessary, through competent distribution from unloadings to medical institutions. In the last 2 years alone, healthcare spending has increased around the world, with spending reaching more than 15% of GDP in Germany and the US. At the same time, there is no direct dependence on the increase in funds - the quality of services provided did not improve, life expectancy did not increase, and the provision of medical care was extended over time and led to critical consequences [2].

During research on Big data, it was revealed that not all DBMSs are suitable for working with medical institutions. Teradata showed itself to be the most mobile. This mobility is associated with the ability to store the largest possible amount of data. It is worth understanding that strings have a limit of 64K characters, and storing data in UNICODE requires 2 times more disk space. In turn, Taradata stores the date in the form INTEGER, the formula for converting the date to a number is as follows: (year-1900) *10000+month*100+day. It should also be taken into account that implicit conversions caused by differences in the types of fields used to perform the connection lead to an additional decrease in performance. Understanding the memory area in Teradata, the area is divided into three types, which greatly facilitates working with databases. The first type is Permanent space, which in turn includes: databases, users, tables, views, indexes, procedures, logs. Unlike other databases, Teradata does not allocate space to an object at the time of its creation. Each database or user determines the maximum possible amount of bytes that their objects can occupy - this is Maper. The entire volume of Permanent space is divided between AMPs of the system, thus each workstation has information about the space available for each database. The amount of space consumed increases as objects are created in the database. The occupied space is occupied by CurrentPern. Spool and Temporary space are temporary spaces. In turn, Spool Space is used to create files containing intermediate or result sets of data. To create files, the system uses those disk cylinders that are not occupied by permanent or temporary data. MaxSpool is the maximum possible number of bytes that the system will allocate to create user spool files. CurrentSpool is the number of bytes currently allocated to active sessions. PeakSpool - the largest number of bytes of data ever used for a transaction Temporary Space is designed to store global temporary tables; such tables are available to many users and are automatically cleared after the session.

Teradata has shown that it perfectly generates medical data that doctors can later use in their work [3].

The article reflects the results of a study aimed at increasing the efficiency of global data processing. The proposed approach provides a whole range of possibilities for global processing and working with data. When implementing the work of medical organizations on Teradata, information processing will increase by 20%. It is necessary to increase research in the field of semi-structured databases and expand standards when working with microdata; all this research carries enormous potential for implementation not only in the Russian market, but also in the global one. Research will help circumvent sanctions imposed on the financial sector of the

economy. These solutions are used for leading financial organizations that are interested in reducing technological costs and introducing advanced technologies in their work.

References

[1] N.A. Naim., Big data in modern business, Сборник научных статей VIII международной научно-практической конференции. «Big data и анализ высокого уровня». Минск – 2022. – С. 221-223.

[2] N.A. Naim., Modern trends in bigdata and datascience, Сборник научных статей VIII международной научно-практической конференции. «Big data и анализ высокого уровня». Минск– 2023. – С. 62-63.

[3] N.A. Naim., R.R. Qodirov., Application of big data technology, Сборник научных статей VIII международной научно-практической конференции. «Big data и анализ высокого уровня». Минск– 2023. – С. 79-82.

author's contribution

Naim Nodira Abdujalolovna – development of the matter, setting of problems, formation of the article.

АНАЛИЗ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Н.А. Наим
Ассистент в ТУИТ имени
Мухаммада ал-Хорезми

Аннотация. В статье отражены результаты исследований, направленных на повышение эффективности глобальной обработки данных. Предлагаемый подход предоставляет все возможности глобальной обработки и работы с данными. Когда организации здравоохранения работают с *Teradata*, обработка данных увеличивается в геометрической прогрессии.

Ключевые слова.: *Big data*, медицина, СУБД, *teradata*

УДК 25.01.2024 16:2

BIG DATA И ЕГО РОЛЬ В ПЕРСОНАЛИЗАЦИИ МАРКЕТИНГОВЫХ КОММУНИКАЦИЙ

И. Д. Марковская
Студент
инженерно-экономического
факультета БГУИР
markovskayairina02@gmail.com

О.Н. Шкор
Старший преподаватель
кафедры экономики БГУИР
shkor@bsuir.by

И. Д. Марковская

Родилась в 2002 году в Пинске. В 2020 году закончила ГУО «Гимназия №2 г. Пинска». В этом же году поступил в УО «БГУИР», была зачислена на бюджетную форму обучения по специальности «Электронный маркетинг» инженерно-экономического факультета.

О.Н. Шкор

Родилась в Минске. Закончила БПИ в 1984 году. В 2001 г. защитила магистерскую диссертацию на тему: «Использование блочно-модульной системы обучения в профессиональной ориентации школьников» по специальности 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством». В 2010 г. защитила докторскую диссертацию (PhD) на тему: «Экономическое обоснование формирования транспортной логистической системы Республики Беларусь» в Международной кадровой академии (Киев). С 2014 г. по настоящее время - заместитель заведующего кафедрой по научно-исследовательской работе студентов.

Аннотация. Эта статья рассматривает, как *Big Data* трансформирует маркетинговые коммуникации, делая их более персонализированными и целенаправленными. Освещаются ключевые аспекты персонализации, включая сегментацию аудитории, анализ поведения потребителей и создание индивидуальных предложений. Обсуждаются также проблемы конфиденциальности и безопасности данных, сложности интеграции и управления данными, высокие затраты и этические вопросы. Статья нацелена на демонстрацию, как анализ больших объемов данных может помочь в разработке эффективных маркетинговых стратегий, при этом учитывая вызовы и этические аспекты использования данных.

Ключевые слова: *Big Data*, маркетинговые коммуникации, персонализация, анализ данных, поведение потребителей, сегментация аудитории, конфиденциальность данных, интеграция данных, прогнозирование поведения, цифровой маркетинг, управление данными, большие данные.

Введение. Рост объемов данных, их разнообразие и скорость поступления открывают новые возможности для понимания и предсказания поведения потребителей. В мире, где каждая взаимодействие оставляет цифровой след, способность анализировать и использовать эту информацию становится конкурентным преимуществом.

Однако с возрастающим потоком данных возникают и новые вызовы: как извлечь полезную информацию из этого бесконечного потока, как обеспечить безопасность и конфиденциальность информации, как адаптировать маркетинговые стратегии к быстро меняющимся условиям рынка. В этой статье мы рассмотрим, как Big Data трансформирует подходы к маркетинговым коммуникациям, делая их более индивидуализированными и целенаправленными, и какие возможности это открывает для бизнеса.

Цель данной статьи – осветить и анализировать, как *Big Data* трансформирует подходы к персонализации в маркетинговых коммуникациях, выявляя ее ключевые преимущества, возможные проблемы и перспективы использования. Статья нацелена на демонстрацию того, как глубокий анализ больших объемов данных может помочь компаниям создавать более целенаправленные и эффективные маркетинговые стратегии, учитывая при этом вызовы и этические аспекты, связанные с обработкой и использованием личных данных клиентов.

Big Data – это не только огромное количество данных, но и их разнообразие и скорость обработки. В маркетинге это открывает новые горизонты для понимания потребностей и поведения клиентов. Анализируя данные из различных источников – социальных сетей, интернет-магазинов, обратной связи клиентов – компании могут получить ценную информацию о предпочтениях и ожиданиях своей аудитории [1].

Использование технологии *Big Data* позволяет значительно углубить различного рода знания о клиенте. Профиль целевой аудитории позволяет понять своего клиента.

Big Data играет ключевую роль в создании точных и детализированных профилей целевой аудитории для компаний. Это достигается за счёт нескольких ключевых механизмов:

1 *Сбор разнообразных данных.* Компании собирают огромные объемы данных из различных источников – от социальных сетей, интернет-поведения, транзакционных записей до взаимодействий в оффлайн-пространстве. Эти данные могут включать информацию о демографических характеристиках, интересах, покупательских привычках, предпочтениях и поведении пользователей.

2 *Интеграция и унификация данных.* Большие данные объединяются и структурируются для создания единого представления клиента. Это позволяет компаниям получить полную картину каждого клиента или сегмента аудитории, анализируя их действия и предпочтения в разных контекстах.

3 *Применение аналитических методов и машинного обучения*. С помощью аналитических инструментов и алгоритмов машинного обучения компании могут выявлять закономерности, тенденции и взаимосвязи в данных. Это включает анализ поведения, прогнозирование будущих действий и предпочтений, а также определение ключевых факторов, влияющих на решения потребителей.

4 *Создание сегментированных и персонализированных профилей.* На основе анализа данных формируются детализированные профили целевых сегментов или даже индивидуальных клиентов. Эти профили могут включать информацию о личных предпочтениях, покупательском поведении, чувствительности к ценам, источниках информации и т.д.

5 *Повышение точности с течением времени*. Системы *Big Data* способны обучаться и адаптироваться, что позволяет постоянно уточнять и улучшать профили пользователей на основе новых данных и обратной связи.

6 *Применение инсайтов для маркетинговых стратегий*. Наконец, компании используют полученные профили для разработки таргетированных маркетинговых стратегий, создания персонализированных предложений и улучшения взаимодействия с клиентами.

Таким образом, *Big Data* позволяет компаниям не только понимать своих клиентов на более глубоком уровне, но и адаптировать свои продукты, услуги и маркетинговые сообщения таким образом, чтобы они наилучшим образом соответствовали уникальным потребностям и предпочтениям каждого отдельного клиента или сегмента аудитории.

Персонализация коммуникаций – это процесс создания индивидуального подхода к каждому клиенту, основанный на анализе больших объемов данных. Этот подход

позволяет компаниям создавать уникальные, нацеленные сообщения, которые резонируют с интересами, предпочтениями и поведением конкретных пользователей [2].

Для подтверждения необходимости точной персонализации коммуникации с клиентами приведём статистические данные, которые отражают изменения различных показателей за 2023 и 2022 годов под влияние увеличения доли персонализированных коммуникаций компаний (рисунок 1) [5].

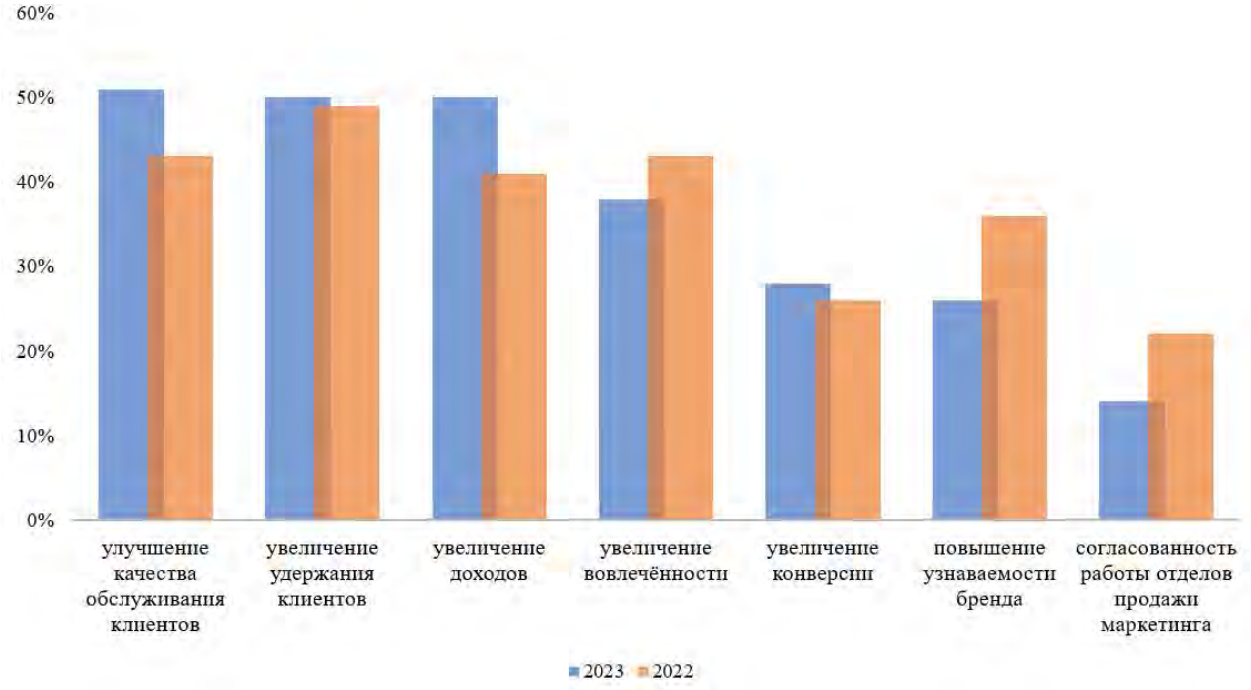


Рисунок 1. Основные выгоды успешной стратегии персонализации по мнению маркетологов всего мира в 2022 и 2023 годах

Эти статистические данные свидетельствуют о значительном увеличении восприятия положительного влияния персонализации на улучшение клиентского опыта, удержание клиентов и доход компании с 2022 по 2023 год. Однако заметно снижение влияния персонализации на вовлеченность клиентов, узнаваемость бренда и согласованность работы отделов продаж и маркетинга в тот же период.

Исследование *McKinsey* показали: компании, преуспевающие в персонализации, получают от этой деятельности на 40% больше дохода, чем средние игроки. Персонализация обеспечивает рост доходов на 10–15 %, при этом потенциал роста доходов может составлять от 5 до 25 % в зависимости от сектора и возможностей исполнения . В различных сферах наблюдаются вариации данного показателя [6].

Примером использования персонализированных маркетинговых коммуникаций может являться компания *Netflix*, которая активно использует большие данные для улучшения ключевых аспектов своих услуг. Наиболее заметно это для общественности проявляется в их платформе рекомендаций, основанной на данных.

Это не только увеличило связь компании с клиентами, но и помогло сэкономить средства, а также повлияло на типы контента, который появляется на серверах. *Netflix* не раскрывает конкретные цифры, известно, что их модель персонализации значительно сократила стоимость приобретения клиентов и повысила уровень удержания. Их удержание клиентов оценивается в 93%, что значительно выше, чем у многих конкурентов.

Рассмотрим ключевые аспекты персонализации в контексте *Big Data*.

1 *Сегментация аудитории*. Персонализация начинается с разделения аудитории на сегменты на основе демографических данных, интересов, поведения покупок и других параметров. *Big Data* позволяет проводить более тонкую и точную сегментацию, учитывая множество переменных.

2 *Анализ поведения потребителей*. Сбор данных о поведении пользователей на веб-сайтах, в социальных сетях, приложениях и других точках контакта дает представление о том, что интересует клиентов, как они взаимодействуют с брендом, и что может стимулировать их к покупке.

3 *Индивидуальные рекомендации*. Используя алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта, компании могут предлагать персонализированные продукты, услуги и контент. Например, рекомендательные системы в интернет-магазинах, предлагающие товары на основе предыдущих покупок и просмотров пользователя.

4 *Персонализированное общение*. Это включает в себя не только предложения продуктов, но и способы коммуникации. Например, отправка персонализированных электронных писем, уведомлений в приложениях или *SMS*, которые соответствуют предпочтениям и поведению клиента.

5 *Динамический контент*. Веб-сайты и приложения могут автоматически настраивать содержимое в зависимости от интересов и поведения посетителя, предлагая более персонализированный опыт.

6 *Прогнозирование будущего поведения*. *Big Data* позволяет не только реагировать на текущее поведение клиентов, но и прогнозировать их будущие действия, что даёт возможность предвидеть их потребности и предлагать соответствующие решения.

Персонализированный маркетинг сегодня является не просто трендом, а необходимостью. 71% клиенты ожидают, что бренды будут обращаться к ним персонально, предлагая решения и продукты, соответствующие их уникальным потребностям [6]. Это создает глубокую эмоциональную связь с брендом, повышает лояльность клиентов и, в конечном счете, ведет к увеличению продаж и укреплению позиций компании на рынке.

Использование *Big Data* в маркетинговых коммуникациях, несмотря на свои значительные преимущества, также сопряжено с рядом проблем и недостатков. Вот некоторые из ключевых проблем, с которыми могут столкнуться компании [3]:

1 *Проблемы конфиденциальности и безопасности данных.* Одна из главных проблем, связанных с использованием больших данных, заключается в обеспечении конфиденциальности и безопасности личной информации клиентов. Несанкционированный доступ, утечки данных и нарушения правил защиты данных могут привести к серьезным юридическим последствиям и потере доверия клиентов.

2 *Соблюдение нормативных требований*. Разные страны имеют различные законы и регулирования относительно обработки и использования персональных данных (например, *GDPR* в Европейском Союзе). Соблюдение этих требований может быть сложным и затратным.

3 *Риск нарушения личного пространства клиентов*. Слишком детальная персонализация может восприниматься клиентами как вторжение в личное пространство или нарушение их приватности, что может вызвать отрицательную реакцию.

4 *Неправильная интерпретация данных*. Ошибки в анализе больших данных могут привести к неправильным выводам и решениям, что, в свою очередь, может негативно сказаться на эффективности маркетинговых кампаний.

5 *Трудности интеграции и управления данными*. Интеграция данных из различных источников и их управление может быть сложной задачей. Разные форматы данных, устаревшие системы и несовместимость инструментов могут создавать дополнительные проблемы.

6 *Высокие затраты и ресурсы*. Сбор, обработка и анализ больших объемов данных требуют значительных инвестиций в технологии и квалифицированный персонал. Это может быть особенно сложно для малых и средних предприятий.

7 *Перегрузка информацией*. Существует риск того, что компании могут утонуть в чрезмерном количестве данных, что может привести к затруднениям в принятии решений и сосредоточении внимания на том, что действительно важно.

8 *Этические вопросы*. Использование данных о поведении и предпочтениях людей порождает этические вопросы, касающиеся манипуляции потребителями и их выбором.

Из исследования *Global Data Protection Index*, проведенного *Dell EMC*, стало известно, что 81% компаний выражают озабоченность по поводу рисков безопасности и сохранения конфиденциальности данных, особенно в контексте облачных технологий и *Big Data* аналитики [7]. Согласно отчету *IBM*, средние финансовые потери компаний от утечки данных достигают 3,86 миллиона долларов [8].

Таким образом, хотя *Big Data* предлагает значительные возможности для улучшения маркетинговых коммуникаций, компаниям необходимо тщательно учитывать потенциальные риски и проблемы, связанные с его использованием, чтобы максимизировать положительный эффект и минимизировать возможные негативные последствия.

Использование *Big Data* в маркетинговых коммуникациях представляет собой двойственный процесс, сочетающий в себе значительные возможности и серьезные вызовы. С одной стороны, большие данные предоставляют компаниям уникальные инструменты для глубокого понимания потребностей и поведения их клиентов, позволяя создавать высокоэффективные, персонализированные маркетинговые кампании. С другой стороны, они несут в себе ряд рисков и сложностей, среди которых вопросы конфиденциальности и безопасности данных, нормативные ограничения, риск вторжения в личное пространство клиентов, трудности в интерпретации и управлении данными, высокие затраты, перегрузка информацией и этические дилеммы.

Важно, чтобы компании подходили к использованию *Big Data* ответственно и осознанно, акцентируя внимание на обеспечении конфиденциальности данных и соблюдении нормативных требований. Это требует вложения в безопасность данных, использование надежных аналитических инструментов, а также привлечение квалифицированных специалистов, способных адекватно обрабатывать и интерпретировать большие объемы информации.

Не менее важно учитывать этическую сторону использования данных. Компании должны стремиться к созданию ценности для своих клиентов, а не только к увеличению продаж, и избегать манипуляций или чрезмерной персонализации, которая может быть воспринята как вторжение в личную жизнь.

Заключение. *Big Data* представляет собой мощный инструмент в руках маркетологов, но его эффективность и положительное влияние напрямую зависят от того, как компании используют этот инструмент, с учетом всех связанных с ним рисков и ответственности. В будущем мы, вероятно, увидим еще более продвинутые подходы к использованию больших данных в маркетинге, которые будут сосредоточены на усилении позитивного взаимодействия с клиентами, улучшении пользовательского опыта и одновременном усилении защиты и этического использования данных.

Список литературы

[1] Радченко И.А. Технологии и инфраструктура Big Data: учеб. пособие / И. А. Радченко, И.Н. Николаев − Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2018. - 55 с.

[2] What Is Personalized Marketing? A Beginner's Guide For Small Businesses [Электронный ресурс]. – Режим доступа https://www.capterra.com/resources/personalized-marketing/

[3] Big Data и маркетинг // Журнал Деловой Мир [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://delovoymir.biz/big-data-i-marketing-5-metodov-ispolzovaniya-s-realnymi-keysami.html

[4] Алексеев К.А. Использование Big Data в международном бизнесе. Труды ИСП РАН, том 32, вып. 4, 2020 г., стр. 7-20

[5] Leading benefits of a successful personalization strategy according to marketers worldwide in 2022 and 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.statista.com/statistics/1426221/benefits-of-personalization-strategy/

[6] The value of getting personalization right—or wrong—is multiplying [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mckinsey.com/capabilities/growth-marketing-and-sales/our-insights/the-value-of-getting-personalization-right-or-wrong-is-multiplying

[7] Dell Global Data Protection Index [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.delltechnologies.com/asset/ennz/products/data-protection/industry-market/global-data-protection-index-key-findings.pdf

[8] IBM Cost of a Data Breach Report 2021 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ibm.com/downloads/cas/OJDVQGRY#

Авторский вклад

Шкор Ольга Николаевна – руководство исследованием по big data и его ролью в персонализации маркетинговых коммуникаций, постановка задач

Марковская И. Д. – проведение исследования, анализ полученных результатов, формирование статьи.

BIG DATA AND ITS ROLE IN PERSONALIZATION OF MARKETING COMMUNICATIONS

I. D. Markouskaya
Student of engineering and economics at the BSUIR

O.N. SHKOR
Senior Lecturer at the Department of Economics at the BSUIR

Abstract. This article examines how Big Data transforms marketing communications, making them more personalized and targeted. Key aspects of personalization are highlighted, including audience segmentation, analysis of consumer behavior, and the creation of individualized offers. It also discusses issues related to data privacy and security, the complexities of data integration and management, high costs, and ethical considerations. The article aims to demonstrate how the analysis of large volumes of data can assist in developing effective marketing strategies, while taking into account the challenges and ethical aspects of data use.

Keywords: Big data, marketing communications, personalization, data analysis, consumer behavior, audience segmentation, data privacy, data integration, behavior prediction, digital marketing, data management, large data.

УДК 621.371: 550.837.6

ПОВЕРХНОСТНЫЙ ИМПЕДАНС СРЕДЫ НАД УГЛЕВОДОРОДАМИ В РЕЖИМЕ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

В.Ф. Янушкевич
Доцент кафедры энергетики и электроники ПГУ имени Евфросинии Полоцкой, кандидат технических наук, доцент
v.yanushkevich@psu.by

С.В. Калинцев
Старший преподаватель кафедры вычислитеьных систем и сетей ПГУ имени Евфросинии Полоцкой
s.kalintsev@psu.by

О.А. Кизина
Ассистент кафедры энергетики и электроники ПГУ имени Евфросинии Полоцкой
o.kizina@psu.by

Д.С. Сивацкий
Лаборант кафедры физики ПГУ имени. Евфросинии Полоцкой, магистрант
d.sivatskiy@psu.by

В.Ф. Янушкевич

Окончил Минский радиотехнический институт. Область научных интересов связана с разработкой методов и устройств георазведки углеводородных залежей, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

С.В. Калинцев

Окончил Полоцкий государственный университет. Область научных интересов связана с разработкой решений для вычислительных систем и сетей.

О.А. Кизина

Окончила Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой. Область научных интересов связана с разработкой методов и устройств георазведки углеводородных залежей, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Д.С. Сивацкий

Магистрант Полоцкого государственного университета имени Евфросинии Полоцкой. Область научных интересов связана с микроэлектроникой, радиотехникой, робототехникой.

Аннотация. В статье приводится анализ воздействия электромагнитных волн в режиме мощного высокочастотного сигнала на анизотропную среду над углеводородами. Исследованы компоненты тензоров диэлектрической проницаемости и поверхностного импеданса среды над залежами. Предложено внедрение различных методов и аппаратуры для поиска углеводородов на основе анализа вещественных, мнимых и фазовых составляющих комбинированных элементов тензора диэлектрической проницаемости и поверхностного импеданса среды над углеводородами. Исследованы характеристики среды над углеводородами для электромагнитных волн с правой и левой круговыми поляризациями в зависимости от частоты, коэффициента отношения амплитуд сигналов, удельной проводимости. Рекомендованы режимы зондирований анизотропных сред над углеводородами для повышения производительности геологоразведочных работ и точности определения границ залежей углеводородов.

Ключевые слова: углеводородная залежь, электромагнитная волна, двухчастотный сигнал

Введение. В настоящее время в поисковой геофизике является актуальным направлением разработка методов поиска и оконтуривания углеводородных залежей (УВЗ) на основе электромагнитных методов (ЭММ) георазведки [1,2]. Выбор метода георазведки определяет методику проведения натурных испытаний и повышает точность определения границ и уровень идентификации месторождений УВЗ [3]. На основе анализа электрохимических и электрофизических процессов над анизотропными средами, образующимися над скоплениями нефти и газа (углеводородов) строятся электродинамические модели сред и находятся отклик на воздействие зондирующих сигналов [1, 2]. Аналогия исследуемой среды над залежью нефти и газа с плазмоподобным образованием позволяет использовать для изучения взаимодействия электромагнитных волн (ЭМВ) с УВЗ существующие решения при изучении плазмы и плазмоподобных сред на основе квазигидродинамического подхода с использованием многочастичных электронно-ионных токов и феноменологически заданных частот столкновений. Установлено, что окружающее углеводороды пространство находится в физическом и химическом равновесии с окружающей средой и содержит твердый кристаллический скелет, пронизанный электролитом и проводящими включениями за счет минералов с электронной проводимостью. Под действием высоких температур и пластового давления над залежью углеводородов происходят электрохимические процессы, приводящие к образованию на границе с воздушным пространством промежуточной области, характеризующейся избытком свободных электронов [3]. Эти процессы оказывают влияние на отклик зондирующих сигналов.

Современное состояние науки и техники дает оценку возможностей использования дистанционных технологий поиска полезных ископаемых при освоении углеводородных ресурсов на шельфах [4]. Тенденции развития поисковой геофизики направлены на решение задач внедрения эффективных методов георазведки с высоким уровнем точности и достоверности обнаружения месторождений УВЗ [5]. Различные модификации способов вертикального зондирования находят широкое использование для поиска углеводородов [6]. Методы электромагнитной разведки с применением сложных сигналов содержат уникальную информацию об установленных на данный момент сведениях о характеристиках электромагнитных полей над УВЗ [7]. Активное внедрение различных методов и аппаратуры для поиска углеводородов обусловлено научным и практическим интересами по решению данных задач для создания надежного инструмента при поиске, оконтуривании и идентификации залежей нефти и газа с помощью радиокомплексирования ЭММ георазведки [8, 9]. Методы исследования свойств объектов при морских измерениях предполагают получение необходимой информации для различения сред [10]. Активно применяются на практике способы для решения задач электроразведки [11]. Находит широкое использование для определения свойств

геологического профиля местности метод на основе выявления аномалий поля в анизотропной среде [12]. Совместная инверсия морских магнитотеллурических и гравиметрических данных с учетом сейсмических ограничений применяются в современных системах поиска полезных ископаемых [13]. Универсальные способы для мониторинга коллектора и геотермальных исследований применяются в поисковой геофизике для решения задач электроразведки [14]. Различные модификации способов и аппаратуры для вертикального зондирования находят широкое использование для поиска углеводородов [15]. Использование амплитудно-модулированных сигналов и модификации способов поиска УВЗ построены на обнаружении месторождений углеводородов по регистрации амплитудных и фазовых компонент поверхностного импеданса геологического профиля [16]. Исследование компонентов составляющих поверхностного импеданса анизотропной среды над УВЗ с учетом влияния на самый верхний слой от всех ниже расположенных слоев проведено в работе [17].

Взаимодействие ЭМВ со средой над УВЗ. Распространение двухчастотных ЭМВ в среде над УВЗ рассмотрено в работе [2]. Вместе с тем для реализации новых методов георазведки представляет интерес анализ процесса взаимодействия двухчастотных ЭМВ с анизотропными средами в режиме мощного высокочастотного (ВЧ) сигнала. Компоненты тензора диэлектрической проницаемости среды в данном режиме имеют вид [2]:

$$\begin{cases} \dot{\varepsilon}_1 = \varepsilon_r \frac{\widetilde{\omega}_2}{\omega_2} + \sum_{i=1}^{2} \left(\begin{array}{c} \frac{\omega_{Пi}^2 \widetilde{\omega}_2}{\omega_2} \frac{\omega_{Гi}^2 - \widetilde{\omega}_2^2 - \nu_i^2}{(\nu_i^2 + \omega_{Гi}^2 - \widetilde{\omega}_2^2)^2 + 4\widetilde{\omega}_2^2 \nu_i^2} - j \left[\frac{\sigma_r}{\omega_2 \varepsilon_0} + \right. \\ \left. + \frac{\omega_{пi}^2 \nu_i}{\omega_2} \frac{\widetilde{\omega}_2^2 + \nu_i^2 + \omega_{Гi}^2}{(\nu_i^2 + \omega_{Гi}^2 - \widetilde{\omega}_2^2)^2 + 4\widetilde{\omega}_2^2 \nu_i^2} \right] \end{array} \right), \\ \dot{\varepsilon}_2 = \sum_{i=1}^{2} \left\{ \begin{array}{c} \frac{\omega_{Пi}^2 \omega_{Гi}}{\omega_2} \frac{\omega_{Гi}^2 - \widetilde{\omega}_2^2 + \nu_i^2}{(\nu_i^2 + \omega_{Гi}^2 - \widetilde{\omega}_2^2)^2 + 4\widetilde{\omega}_2^2 \nu_i^2} - \\ - \frac{2j\widetilde{\omega}_2 \nu_i \omega_{Пi}^2 \omega_{Гi}}{[(\nu_i^2 + \omega_{Гi}^2 - \widetilde{\omega}_2^2)^2 + 4\widetilde{\omega}_2^2 \nu_i^2] \omega_2} \end{array} \right\}, \\ \dot{\varepsilon}_3 = \varepsilon_r \frac{\widetilde{\omega}_2}{\omega_2} - \sum_{i=1}^{2} \left\{ \frac{\omega_{Пi}^2 \widetilde{\omega}_2}{\omega_2} \frac{1}{\nu_i^2 + \widetilde{\omega}_2^2} - j \left[\frac{\sigma_r}{\omega_2 \varepsilon_0} + \frac{\omega_{Пi}^2 \nu_i}{\omega_2} \frac{1}{\widetilde{\omega}_2^2 + \nu_i^2} \right] \right\}. \end{cases} \quad (1)$$

В выражениях (1) фигурируют компоненты тензора $\dot{\varepsilon}_1$, $\dot{\varepsilon}_2$, $\dot{\varepsilon}_3$; частотная составляющая, характеризующая режим ВЧ зондирования $\widetilde{\omega}_2$, плазменная частота $\omega_{\text{Пi}}$; гиротропная частота $\omega_{\text{Гi}}$; частота столкновения частиц ν_{i}; относительная диэлектрическая проницаемость среды ε_r; проводимость среды σ_r; диэлектрическая постоянная ε_0; $\alpha = \omega_2 - \omega_1 = \omega_2(1 - k_\omega)$ – разность частот двух ЭМВ с амплитудами и частотами $A_1, A_2, \omega_1, \omega_2$. Режимы измерений задаются коэффициентами соотношения амплитуд двух волн и их частот

$$k_E = \frac{A_2}{A_1}, \mathrm{k}_\omega = \frac{\omega_1}{\omega_2}, \quad (2)$$

для режима ВЧ выбираются коэффициенты

$$\begin{cases} k_E >> 1, \\ k_\omega << 1 \end{cases} \quad (3)$$

Методика исследований заключается в определении поверхностного импеданса среды над УВЗ по формулам

$$\dot{Z}_{11} = \dot{Z}_{22} = -\frac{1}{2j\sqrt{\dot{\varepsilon}_R\dot{\varepsilon}_L}}\left(\sqrt{\dot{\varepsilon}_R} - \sqrt{\dot{\varepsilon}_L}\right),$$
$$\dot{Z}_{12} = \dot{Z}_{21} = \frac{1}{2\sqrt{\dot{\varepsilon}_R\dot{\varepsilon}_L}}\left(\sqrt{\dot{\varepsilon}_R} + \sqrt{\dot{\varepsilon}_L}\right) \qquad (4)$$

где $\dot{Z}_{11}$ и $\dot{Z}_{12}$ – компоненты поверхностного импеданса среды,

$\dot{\varepsilon}_R$, $\dot{\varepsilon}_L$ – диэлектрическая проницаемость для суммарной и разностной компонент ЭМВ.

Проводился анализ комбинационных составляющих тензора диэлектрической проницаемости среды над УВЗ для параметров среды над залежами углеводородов [1]:

– значения диэлектрической проницаемости вмещающих пород $\varepsilon_r = 1 - 30$ и электрической проводимости $\sigma_r = 1 \cdot 10^{-5} - 1$ См/м;

– концентрации частиц $N_e = N_и = (10^{16} – 10^{18})$м$^{-3}$.

– частота столкновения частиц $\nu = 2 \cdot \pi \cdot 10^9$рад / с.

Такие данные задаются, исходя из исследований образцов пород над УВЗ, свидетельствующих о хлоридно-натриевой составляющей в рассолах повышенного количества щелочных и щёлочноземельных металлов, а также изотопных элементов [1]. Это приводит к образованию в зоне над УВЗ сложных ионных соединений полупроводникового характера с повышенной термоэлектронной эмиссией (до 10.0 мкА/м^2 при температуре 20°C).

Залежь отличается по физическим свойствам от пород-коллекторов, где она располагается, по уменьшению плотности залежи по сравнению с законтурной областью, повышению суммарного электрического сопротивления данного участка, понижению скорости сейсмических продольных волн, увеличению их поглощения (ослабления) и других факторов.

Количественные проявления этих эффектов отражаются на величинах составляющих поверхностного импеданса, на которые влияют физико-геологические характеристики пород-коллекторов. В качестве основных, определяющих наиболее весомый вклад, следует отнести гранулометрическую и минералогическую структуру пород, структурно-текстурные проявления скелета, коэффициент пористости и проницаемость, вид цементирующих добавок, механические особенности скелета, содержание пластовой воды в порах, ее минерализация, термодинамические условия месторождения (всестороннее давление и температура).

Следует отметить, что на величину поверхностного импеданса оказывает влияние перестройка физических и химических процессов в промежуточной области. Это отражается в прохождении обменных реакций и соответствующих преобразований, приводящих к перемещению свободных носителей заряда в направлении к границе раздела сред над месторождением углеводородов (в результате появляются токи, в данном случае компенсирующие ионные токи). Вертикальной миграции заряженных частиц способствует поляризация УВЗ, определяемая окислительно-восстановительными эффектами, что вызывает дрейф флюидов и увеличение за счет тепловых колебаний кристаллических решеток количества свободных электронов.

Таким образом, на величину поверхностного импеданса оказывает влияние физико-химическая обстановка над УВЗ [1]. Над залежью образуется поток электронов, приводящий в свою очередь к появлению геомагнитной аномалии из-за проявления диамагнитных свойств перемещающихся частиц в анизотропной среде. Появляется слабая лоренцева сила, действие которой приводит к коррекции траектории движения электрона в постоянном магнитном поле.

Возникновение электронного потока в структурах вмещающих пород приводит к изменению проводимости анизотропной среды над залежью, что коррелируется с данными, полученными с помощью метода радиокип. Продольное или поперечное изменение величины удельной проводимости полупроводникового образца нефтегазоносной неоднородности происходит за счёт влияния аномалии постоянного магнитного поля Земли. Экспериментальные исследования на реальных месторождениях углеводородов, проведённые в СВ-КВ-диапазонах, показывают, что над ними отмечается увеличение удельного электрического сопротивления [1].

Результаты исследований. Проведен анализ выражений (1) для компонентов диэлектрической проницаемости среды над УВЗ. Абсолютные значения для компонентов поверхностного импеданса среды над УВЗ приведены на рисунке 1, а. На частотах (10 – 400) МГц происходит резонансное увеличение данной компоненты поверхностного импеданса. Зондирование анизотропных сред двухчастотными ЭМВ в ВЧ режимах позволяет исследовать физико-геологические свойства пород-коллекторов, минералогический и гранулометрический состав пород, структурно-текстурное строение скелетов. С увеличением диэлектрической проницаемости наполнителя вмещающих пород частота резонанса смещается влево по оси абсцисс. Значения составляющих тензора анизотропной среды над углеводородами зависят от физико-химических процессов в самой залежи и условий залегания (значения давления и температуры), влияющих на электрические свойства вмещающих пород и сред над УВЗ, поэтому частота резонанса может смещаться в область высоких частот.

Фазовые характеристики для составляющей поверхностного импеданса для двухчастотных сигналов приведены на рисунке 1, б. Наблюдается скачкообразный рост фазовой составляющей на частотах 20 МГц – 60 МГц. С увеличением значения диэлектрической проницаемости среды частота увеличения фазы смещается влево. Фазовые характеристики рассматриваемой компоненты не меняются в диапазоне частот 10 кГц – 1 МГц. На участке 60 МГц – 10 ГГц происходит уменьшение фазы с положительных значений на отрицательные и переходом через нуль между (1 – 2) ГГц.

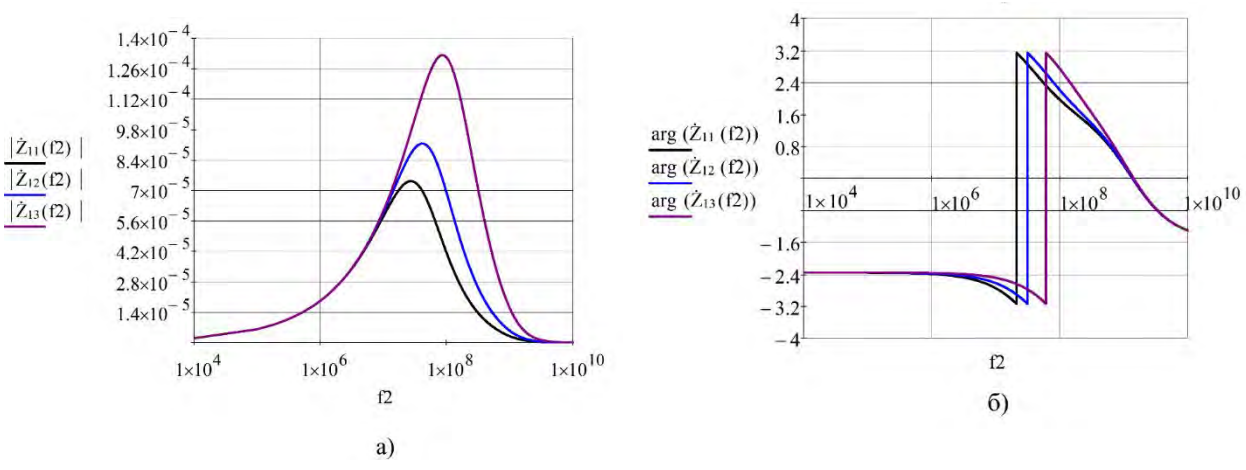
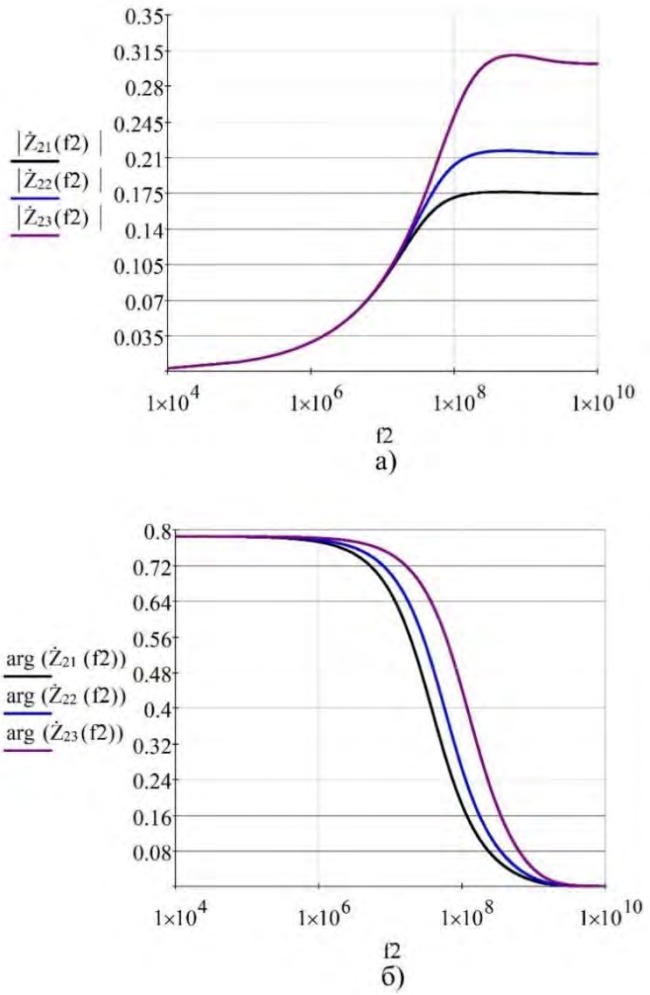


Рисунок 1. Зависимости компонентов поверхностного импеданса от частоты f_2 а) абсолютная часть ; б) фазовая составляющая поверхностного импеданса $|\dot{Z}_{11}(f2)|$, $\arg(\dot{Z}_{11}(f2))$ –для $\varepsilon_r=30$, :$k_\omega= 10^{-6}$, $k_E= 10$; $|\dot{Z}_{12}(f2)|$, $\arg(\dot{Z}_{12}(f2))$ –для $\varepsilon_r=20$, :$k_\omega= 10^{-6}$, $k_E= 10$; $|\dot{Z}_{13}(f2)|$, $\arg(\dot{Z}_{13}(f2))$ –для $\varepsilon_r=10$, :$k_\omega= 10^{-6}$, $k_E= 10$

Дополнительно были проанализированы амплитудные составляющие компонентов поверхностного импеданса среды над УВЗ для $|\dot{Z}_{21}(f2)|$ (рис.2, а). Закон изменения абсолютной составляющей для данной компоненты отличается от рассмотренной выше характеристики. На участке (1 МГц – 1 ГГц) происходит увеличение поверхностного

импеданса и при дальнейшем росте частоты зондирования характеристика не меняется. Дополнительная априорная информация получается с помощью перемещения передатчика и приемника по территории исследуемого профиля. При определении комбинационных составляющих компонентов поверхностного импеданса среды над углеводородами повышаются производительность методов электроразведки и информативность за счет получения дополнительных данных по исследуемому геологическому профилю местности.

Проведено моделирование зависимостей фазовых характеристик компонентов данной составляющей поверхностного импеданса от частоты (рис.2, б). Установлено, что низкие значения частоты f_2 не влияют на амплитудную компоненту рассматриваемой составляющей. На участке (1 МГц – 1 ГГц) происходит уменьшение фазы поверхностного импеданса и при дальнейшем росте частоты зондирования характеристика не меняется.



а) абсолютная часть; б) фазовая составляющая поверхностного импеданса

Рисунок 2. Зависимости компонентов поверхностного импеданса $|\dot{Z}_{21}(f2)|$ от частоты f_2

$|\dot{Z}_{21}(f2)|$, $\arg(\dot{Z}_{21}(f2))$ –для ε_r=30, :k_ω= 10^{-6} , k_E= 10; $|\dot{Z}_{22}(f2)|$, $\arg(\dot{Z}_{22}(f2))$ –для ε_r=20, :k_ω= 10^{-6} , k_E= 10; $|\dot{Z}_{23}(f2)|$, $\arg(\dot{Z}_{23}(f2))$ –для ε_r=10, :k_ω= 10^{-6} , k_E= 10

Процедура диагностики среды над УВЗ осуществляется по методике решения обратной задачи за счет набора конкретных значений расстояний и конкретизации электродинамических моделей УВЗ с учетом влажности слоев, климатических факторов и особенностей измерений сезонного характера.

Проведено моделирование зависимостей амплитудных характеристик компонентов составляющей $\dot{Z}_{11}$ поверхностного импеданса от проводимости наполнителя вмещающих пород над УВЗ (рис.3, а). Для сред, обладающих повышенной проводимостью (0.01 – 1 См / м), данная характеристика подвержена влиянию сопротивления пород на общее сопротивление верхнего слоя. Следует выделить значение частоты зондирования f2 = 10^7 Гц, когда происходит резкое увеличение рассматриваемой составляющей на отрезке (0.001 – 1) См / м. Применение данной частоты хорошо коррелируется со значениями частот, приведенных выше (рисунок 1), когда происходит резонансное увеличение данной компоненты поверхностного импеданса (ее абсолютное значение).

На рисунке 3, б отражены зависимости мнимой составляющей поверхностного импеданса $\dot{Z}_{21}$. Как и в предыдущем случае, влияние проводимости проявляется в диапазоне (0.001 – 1) См/м. Использование более низких частот зондирования приводит к уменьшению мнимых составляющих в указанном отрезке проводимостей среды над УВЗ. На частоте f2 = 10^9 Гц наблюдается резкое увеличение анализируемой характеристики с точкой резонанса при 0.5 См/м.

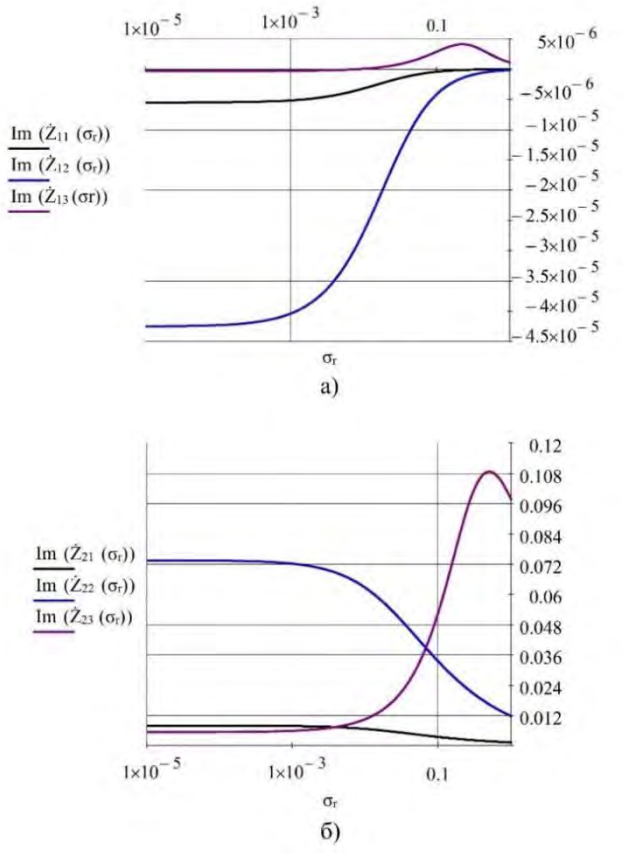


Рисунок 3. Зависимости мнимых составляющих поверхностного импеданса а) компоненты $\dot{Z}_{11}$; б) компоненты $\dot{Z}_{21}$ Im($\dot{Z}_{11}$ (σ_r)), Im($\dot{Z}_{21}$ (σ_r)) –для ε_r=10, :k_ω= 10^{-6} , k_E= 10, f2 = 10^5 Гц; Im($\dot{Z}_{12}$ (σ_r)), Im($\dot{Z}_{22}$ (σ_r)) –для ε_r=10, :k_ω= 10^{-6} , k_E= 10, f2 = 10^7 Гц ; Im($\dot{Z}_{13}$ (σ_r)), Im($\dot{Z}_{23}$ (σ_r)) –для ε_r=10, :k_ω= 10^{-6} , k_E= 10, f2 = 10^9 Гц

Зависимости вещественной составляющей $\dot{Z}_{11}$ приведены на рисунке 4, а. При этом использование аппаратуры для поиска с низкими значениями частот ВЧ составляющих не влияет на вещественную компоненту. Переход в сантиметровый диапазон повышает информативность от исследования данной характеристики, поскольку появляется

зависимость от диэлектрической проницаемости анизотропных сред, с ростом которой происходит уменьшение вещественной составляющей.

Фазовые характеристики величины $\dot{Z}_{11}$ при изменении диэлектрической проницаемости наполнителя показаны на рисунке 4, б. Увеличение частот зондирования влияет на изменения фазы. Частота 10^9 Гц характерна тем, что на ней происходит изменение знака фазовой компоненты с положительной на отрицательную в районе ε_r= 6.

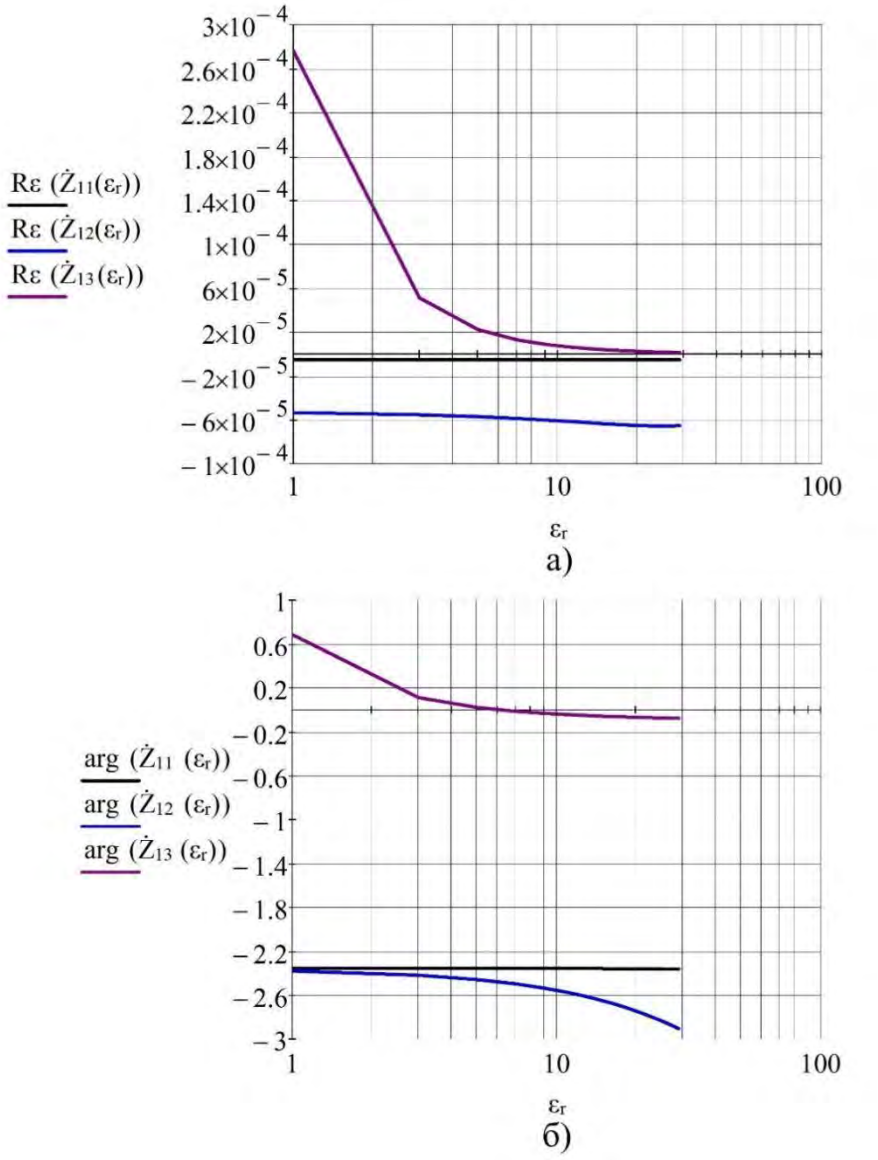


Рисунок 4. а) Зависимости вещественной составляющей Z11 б) Зависимости фазовой составляющей компоненты Z11
Rε($\dot{Z}_{11}$ (εr)), arg($\dot{Z}_{11}$ (εr)) –для k_ω= 10^{-6} , k_E= 10, f2 = 10^5 Гц ; Rε($\dot{Z}_{12}$(εr)), arg($\dot{Z}_{12}$(εr)) –для k_ω= 10^{-6} , k_E= 10, f2 = 10^7 Гц ; Rε($\dot{Z}_{13}$(εr)), arg($\dot{Z}_{13}$(εr)) –для k_ω= 10^{-6} , k_E= 10, f2 = 10^9 Гц

Амплитудные характеристики вещественной величины $\dot{Z}_{21}$ при изменении диэлектрической проницаемости наполнителя показаны на рисунке 5, а. Для нее характерна та же закономерность, что и для рассмотренной выше компоненты за исключением численных значений. Фазовые характеристики данной компоненты

показаны на рисунке 5, б. По-прежнему, на ее изменение оказывают влияние частоты сантиметрового диапазона.

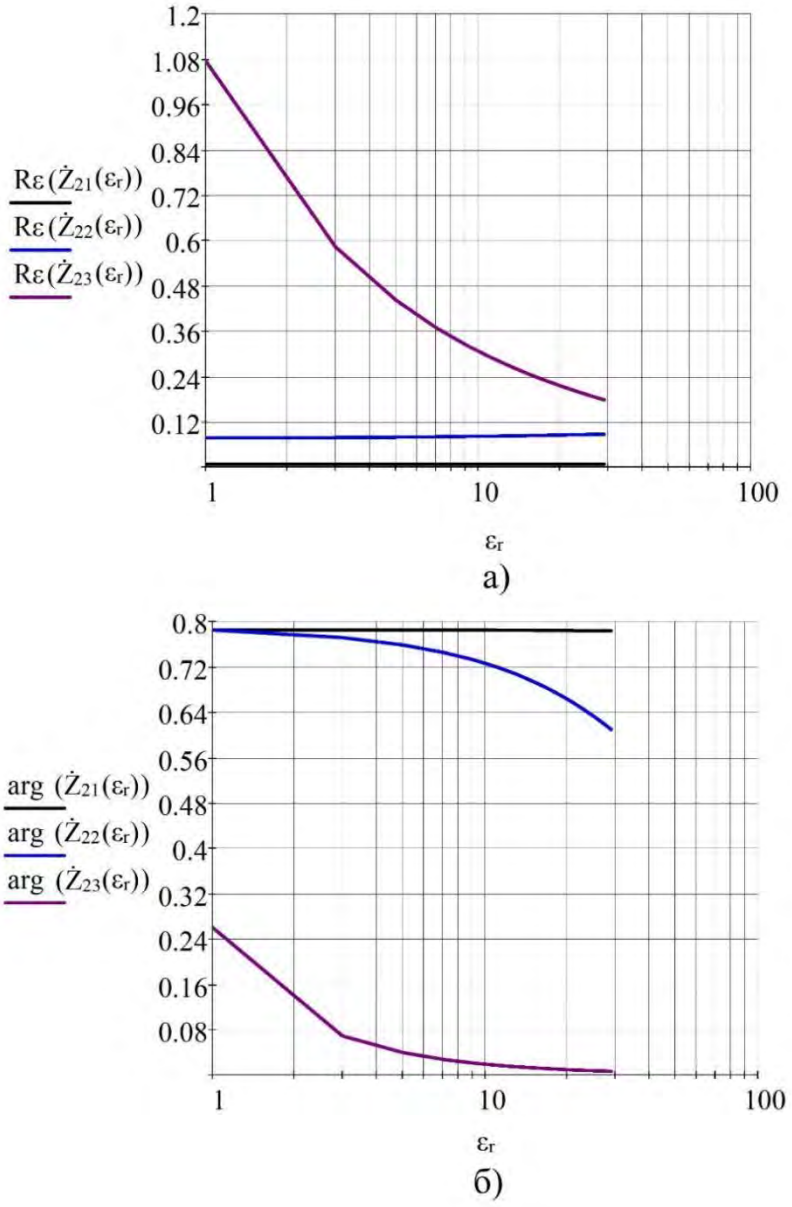


Рисунок 5. а) Зависимости вещественной составляющей $\dot{Z}_{21}$ б) Зависимости фазовой составляющей компоненты $\dot{Z}_{21}$
$R\varepsilon(\dot{Z}_{21}(\varepsilon_r))$, $\arg(\dot{Z}_{21}(\varepsilon_r))$ –для $k_\omega = 10^{-6}$, $k_E = 10$, f2 = 10^5 Гц ; $R\varepsilon(\dot{Z}_{22}(\varepsilon_r))$, $\arg(\dot{Z}_{22}(\varepsilon_r))$ –для $k_\omega = 10^{-6}$, $k_E = 10$, f2 = 10^7 Гц ; $R\varepsilon(\dot{Z}_{23}(\varepsilon_r))$, $\arg(\dot{Z}_{23}(\varepsilon_r))$ –для $k_\omega = 10^{-6}$, $k_E = 10$, f2 = 10^9 Гц

К такому поведению характеристик поверхностного импеданса приводит тот факт, что над залежью существует поток заряженных частиц, перемещающийся в полифазной среде от УВЗ к дневной поверхности, причем поток частиц вызывает проявление геомагнитных аномалий за счёт сложения магнитного поля Земли и отрицательного магнитного поля перемещающихся заряженных частиц. Изменение геомагнитного поля приводит к изменению удельного сопротивления вмещающих пород над УВЗ и свидетельствует об анизотропном характере среды над УВЗ, присущему плазменным и плазмоподобным образованиям [1].

Заключение. Проведенный анализ составляющих поверхностного импеданса среды над углеводородами показал, что:

1 На частотах (10 – 400) МГц происходит резонансное увеличение компоненты поверхностного импеданса Z11, что может быть применено для поиска и идентификации углеводородов с высокой точностью.

2 Наблюдается скачкообразный рост фазовой составляющей $\dot{Z}_{11}$ на частотах 20 МГц – 60 МГц и это может принести дополнительную информативность методов поиска и выделения УВЗ.

3 На участке (1 МГц – 1 ГГц) происходит увеличение составляющей поверхностного импеданса $\dot{Z}_{12}$ и на основании этого возможна реализация системы поиска на основе двухканальных схем определения комбинационных составляющих и вариации характеристик сигналов.

4 Представляет интерес отрезок значений коэффициента отношения частот 0.01 – 0.1 для получения дополнительной информации с помощью перемещения передатчика и приемника по территории исследуемого профиля.

5 Для систем поиска углеводородов можно рекомендовать значение частоты зондирования f2 = 10^7 Гц, когда происходит резкое увеличение мнимой составляющей $\dot{Z}_{11}$ на отрезке (0.001 – 1) См / м.

Список литературы

[1] Гололобов, Д.В. Взаимодействие электромагнитных волн и углеводородных залежей / Д.В. Гололобов. – Минск : Бестпринт, 2009. – 185 с.

[2] Янушкевич, В.Ф. Электромагнитные методы поиска и идентификации углеводородных залежей / В.Ф.Янушкевич. – Новополоцк, ПГУ, 2017. – 232с.

[3] Moskvichew, V.N. Interraction of electromagnetic waves (EMW) with anisotropic inclusion in communication line / V.N. Moskvichew // 9-th Microw. Conf. NICON – 91, Rydzyna, May 20-22, 1991. – Vol. 1. – P. 240-244.

[4] Ковалев, Н.И. Оценка возможностей использования дистанционных технологий поиска полезных ископаемых при освоении углеводородных ресурсов на шельфах. Оптика атмосферы и океана (Материалы III Всерос. конф. «Добыча, подготовка, транспортировка нефти и газа», г. Томск, 20–24 сент. 2004 г.) / Н.И. Ковалев, Т.А. Филимонова, В.А. Гох и др. // – Томск: Ин-т оптики атмосферы СО РАН, -2004. – С. 67–70.

[5] Малехмир, А. Сейсмические методы при разведке полезных ископаемых и планировании горных работ - Введение / А. Малехмир, М. Уросевич, Г. Беллефлер, С. Джухлин, В. Милкерайт. // Геофизика. -2012 г.

[6] Holten, T. Time lapse CSEM reservoir monitoring of the Norne field with vertical dipoles / T. Holten, X. Luo, G. Naevdal, S.L. Helwig // SEG Technical Program Expanded Abstracts. – 2016. – Vol. 35. – P. 971–975.

[7] Степуленок, С.В. Взаимодействие амплитудно-частотно-модулированных сигналов со средой над углеводородными залежами. / С.В. Степуленок, В.Ф. Янушкевич // Вестник ПГУ Серия С. Фундаментальные науки. Физика. – Новополоцк, 2009. – №9. – С.103-108.

[8] Гололобов, Д.В. Радиокомплексирование методов электромагнитной разведки при поиске залежей углеводородов / Д.В. Гололобов // Докл. БГУИР. – 2008. – № 8(38). – С. 30–36.

[9] Henke, C. H. Subsalt imaging in Northern Germany using multi-physics (magnetotellurics, gravity, and seismic) / C.H. Henke, M. Krieger, K. Strack, A. Zerilli // Interpretatio.– 2020. – Vol. 8. – № 4. – P. 15 – 24.

[10] Anderson, C. An integrated approach to marine electromagnetic surveying using a towed streamer and source / C. Anderson, J. Mattsson // First Break. – 2010. – First Break. – Vol. 28. – iss.5. – 71 – 75.

[11] Бурцев, М.И. Поиски и разведка месторождений нефти и газа / М.И. Бурцев // – М.: -Издательство Российского университета дружбы народов, -2006. – 264 с.

[12] Frasheri, A. Self-potential anomaleies as possible indicators in search for oil and gas reservoirs / A. Fresheri // 57th EAGE Conf. and Tech. Exib., Glasgow, 29 May – 2 June 1995. – Glasgow, UK. – P. 8.

[13] Джеген, М. Совместная инверсия морских магнитотеллурических и гравиметрических данных с учетом сейсмических ограничений - предварительные результаты построения изображений суббазальтов у Фарерского шельфа / М. Джеген, Р.В.Хобс , П. Тариц, А. Чаве // Планета Земля Sci Lett:-2009.- С. 47–55.

[14] Geldmacher, I. A Fit-for-purpose electromagnetic System for Reservoir Monitoring and Geothermal Exploration / I. Geldmacher, K. Strack // GRC Transactions. – 2017. – Vol. 41. – P. 1649-1658.

[15] Helwig, S.L. Vertical–vertical controlled-source electromagnetic instrumentation and acquisition / S.L. Helwig, W. Wood, B.Gloux // Geophysical Prospecting. – 2019. – Vol. 67. – № 6. – P. 1582 – 1594.

[16] Гололобов, Д.В. Импедансные граничные условия анизотропной среды для амплитудно-модулированного сигнала. / Д.В.Гололобов, В.Ф.Янушкевич, С.В.Калинцев // Доклады БГУИР. – Мн, 2010. – №6(52). – С.13-

[17] Adamovskiy, E. Simulation of electromagnetic waves interaction with hydrocarbon deposits / E. Adamovskiy, V. Yanushkevich // 8 Junior researchers conference European and national dimension in research. In 3 Parts. – Part 3. TECHNOLOGY. – PSU, Novopolotsk, 2016. – V. 179 – 183.

Авторский вклад

Авторы внесли равный вклад в написание статьи.

SURFACE IMPEDANCE OF THE MEDIUM OVER HYDROCARBONS IN THE HIGH-VALUE SENSING MODE

V.F. Yanushkevich
Associate Professor of the Department of Power Engineering and Electronics of Euphrosyne Polotskaya state university of Polotsk, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

S.V. Kalintsev
Senior Lecturer of the Department of Computing Systems and Networks, Euphrosyne Polotskaya state university of Polotsk

O.A. Kizina
Assistant of the Department of Power Engineering and Electronics
Euphrosyne Polotskaya state university of Polotsk

D.S. Sivatsky
Laboratory assistant
physics department
Euphrosyne Polotskaya state university of Polotsk, Master's student

Abstract. The article provides an analysis of the impact of electromagnetic waves in the mode of a powerful high-frequency signal on an anisotropic medium above hydrocarbons. The components of the dielectric constant and surface impedance tensors of the medium above the deposits were studied. The introduction of various methods and equipment for the search for hydrocarbons is proposed based on the analysis of the real, imaginary and phase components of the combined elements of the dielectric constant tensor and the surface impedance of the medium above hydrocarbons. The characteristics of the medium above hydrocarbons for electromagnetic waves with right and left circular polarizations were studied depending on frequency, signal amplitude ratio, and specific conductivity. Probing modes for anisotropic media above hydrocarbons are recommended to increase the productivity of geological exploration and the accuracy of determining the boundaries of hydrocarbon deposits.

Keywords: hydrocarbon reservoir, electromagnetic wave, dual-frequency signal

УДК 339.138:004.7

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЛОЯЛЬНОСТИ К БРЕНДУ

Д.А. Фролова
Преподаватель кафедры экономики БГУИР, магистр экономических наук
d.frolova@bsuir.by

Е. А. Гулецкая
Студентка инженерно-экономического факультета БГУИР
guletskayaliza@gmail.com

Д.А. Фролова

Окончила БГУИР. Область научных интересов связана с механизмами влияния маркетинговых возможностей на формирование и развитие конкурентного бизнеса, нейромаркетинг.

Е. А. Гулецкая

Обучается в БГУИР. Область научных интересов связана с современными инструментами интернет-маркетинга, стратегиями развития электронного бизнеса.

Аннотация. Исследование фокусируется на применении больших данных для повышения лояльности к бренду. В статье рассматриваются методы анализа данных, которые выявляют тренды в потребительском поведении, обеспечивая персонализированный контент. Авторы также рассматривают, как эти данные помогают предприятиям прогнозировать предпочтения клиентов и эффективно адаптировать маркетинговые стратегии, способствуя укреплению связи между брендом и потребителями.

Ключевые слова: большие данные, лояльность, бренд, персонализация, омниканальный подход, *CRM* система.

Введение. Степень лояльности к компании или бренду напрямую определяется выбором и постоянными покупками со стороны потребителей. Бренд – инструмент, который формирует стратегию развития бизнеса. Лояльность – привязанность потребителя к бренду, товару или определённой компании. Установление доверия и эмоциональной связи играют ключевую роль в формировании прочных взаимоотношений с аудиторией и способствуют удержанию клиентов. Отношение потребителей к компании имеет важное значение, поскольку это содействует формированию и укреплению лояльности. Преданность постоянных клиентов является надежным фактором в сложных экономических сценариях, а их рекомендации помогают привлекать новую аудиторию.

В современной динамичной бизнес-среде, где технологии и предпочтения потребителей постоянно меняют правила игры, понимание эффективных способов укрепления лояльности клиентов становится не просто важным, а весьма критическим. С учетом сильной конкуренции и повышенных ожиданий со стороны клиентов, компаниям необходимо наращивать адаптацию и инновации в стратегиях взаимодействия с клиентами.

Эпоха цифровых технологий с помощью больших данных создает условия для более широкого исследования, анализа и прогнозирования поведения клиентов и формирования

их лояльности. С распространением больших данные компании получили доступ к огромному количеству информации и возможностей улучшения клиентского опыта, однако не все из них имеют ресурсы для обработки и систематизации получаемой информации. В связи с этим важно учитывать, что перед тем, как внедрять большие данные в деятельность, необходимо проанализировать собственные ресурсы и кадры.

Анализ трендов в повышении лояльности клиентов. В настоящее время уже сформировались определенные тренды в повышении лояльности, которые являются доказано эффективными. Рассмотрим некоторые из них с точки зрения применения больших данных.

Первый и наиболее распространенный способ повышения лояльности – персонализация. Под «персонализацией» мы понимаем процесс создания маркетингового контента с учетом индивидуальных предпочтений, потребностей и характеристик конкретного потребителя или группы потребителей.

Мы выделили ряд аспектов, которые могут помочь понять особенности целевой аудитории и создать релевантное взаимодействие (рисунок 1):

1 Сегментация целевой аудитории/потребителей/клиентов.

2 Учет истории покупок, поведения на сайте или других данных о потребителе для создания персонализированных электронных писем.

3 Создание уникальных, гибких сценариев взаимодействия с потребителями в зависимости от их поведения и контекста.

4 Предоставление клиентам индивидуальных скидок, акций или возможностей в зависимости от их предпочтений.

5 Использование алгоритмов искусственного интеллекта для предоставления персональных рекомендаций продуктов или услуг, основанных на предыдущих действиях и предпочтениях потребителя.

6 Анализ местоположения потребителей.

7 Постоянный анализ данных и метрик, чтобы отслеживать эффективность персонализированных кампаний и вносить соответствующие корректировки.

8 Персонализированный контент в социальных медиа, включая таргетированную рекламу.

Рисунок 1. Аспекты персонализации

Таким образом, персонализированный подход создает условия для клиента, при которых он экономит свои ресурсы (эмоциональные, временные и денежные) и при этом получает продукты, услуги и предложения, которые максимально соответствуют его запросам. Также данный подход способствует улучшению взаимоотношений между компанией и клиентами, что помогает в достижении бизнес-целей.

В целом, персонализированный подход призван создать для клиентов более индивидуальный, удовлетворительный и ценный опыт, что в итоге повышает их лояльность и удовлетворенность.

Существуют разные подходы к применению персонализации и больших данных, многое зависит от финансов и готовности руководства внедрять новые технологии для развития бизнеса. Крупные корпорации, обладающие значительными бюджетами и технологической инфраструктурой, часто внедряют системы управления данными (*DMS*) и собственные системы управления отношениями с клиентами (*CRM*) для эффективного хранения, анализа и управления информацией. Интеграция инструментов аналитики и бизнес-интеллекта, таких как *Tableau* или *Google Analytics*, позволяет компаниям извлекать полезную информацию из данных. Применение технологий машинного обучения и искусственного интеллекта дает возможность создавать персонализированные рекомендации и предсказывать поведение клиентов. Использование инструментов персонализации контента, таких как *Adobe Target* или *Optimizely*, дополняет стратегию, позволяя настраивать пользовательский опыт в онлайн-среде.

Средние и мелкие компании могут столкнуться с рядом трудностей при работе с большими данными, т. к. обычно имеют ограниченные бюджеты и ресурсы (технические и кадровые). Развертывание и обслуживание инфраструктуры для обработки больших данных может быть дорогим и сложным. Поэтому таким компаниям актуально использовать готовые решения и сервисы (*Amazon Web Services* (*AWS*), *Microsoft Azure* или *Google Cloud Platform*) для обработки больших данных, поскольку они не требуют затрат на инфраструктуру, к тому же довольно просты для внедрения в работу.

Для сбора информации и управления отношениями с клиентами можно использовать готовые решения в области *CRM* (*Salesforce* или *HubSpot*). Для сбора и анализа данных о поведении пользователей отлично подойдет *Google Analytics*. Компании также могут использовать готовые веб-платформы (такие как *Segment* или *Personyze*), которые помогут разобраться в данных о клиентах, поступающих из различных источников.

Однако в малых компаниях при внедрении различных систем для анализа и использования больших данных могут возникнуть трудности из-за отсутствие четких бизнес-целей и стратегий использования этих данных. Без ясного понимания, как данные могут добавить ценности, компании могут тратить ресурсы на проекты, которые не приносят ожидаемых результатов. Также некоторые малые компании могут столкнуться с проблемой низкой культуры данных, т. к. сотрудники не обладают навыками анализа данных и не понимают, как использовать данные для принятия бизнес-решений. Еще одним спорным вопросом может стать интеграция новых систем обработки данных с существующими бизнес-процессами и информационными системами, особенно если у компании есть устаревшие системы.

Поэтому всегда необходимо уделять внимание планированию и выбору подходящих технологических решений, инвестировать в обучение персонала и четко формулировать стратегию использования данных в соответствии с бизнес-целями компании.

Следующая тенденция в области повышения лояльности – омниканальный подход. Омниканальность – объединение всех каналов коммуникации клиента с компанией в единую систему с сохранением всей истории общения и покупок [3]. С первого взгляда может показаться, что омниканальность это то же самое, что и мультиканальность, однако два этих подхода имеют значительные отличия, наглядно представленные на рисунке 2.

Рисунок 2. Принцип работы мультиканального и омниканального подходов

Как видно из рисунка 2, мультиканальность представляет собой использование различных каналов коммуникации для привлечения клиентов. Компания может запускать рекламные кампании на различных платформах, таких как телевидение, радио, онлайн-ресурсы или социальные сети, отправлять email-рассылки и поддерживать присутствие в социальных сетях. Но особенность этой стратегии заключается в том, что каждый канал функционирует независимо, имеет свои цели развития, не совмещает свою статистику и не собирает обширные данные о клиентах в целом.

В то время как омниканальность стремится обеспечить непрерывное взаимодействие между компанией и потребителем через различные каналы. Клиенты могут начать взаимодействие с компанией через один канал (например, веб-сайт), а затем перейти на другой (например, мобильное приложение), и при этом им предоставляется единый и последовательный опыт. Различные каналы (онлайн и офлайн, веб-сайт, мобильное приложение, магазины, социальные сети и т.д.) интегрируются между собой, чтобы обеспечить плавный переход клиентов от одного к другому с сохранением данных и контекста взаимодействия.

Собранные данные используются для понимания того, какие каналы коммуникации предпочтительны для клиентов в различных сценариях использования, а также для создания, персонализированного контенте и предложений. Например, первый контакт потребителя с компанией (поиск товара) был на веб-сайте, система может предложить аналогичные товары, даже если следующий контакт был через приложение на мобильном устройстве.

Компании стремятся создавать непрерывный опыт, при котором клиенты могут рассчитывать на высокое качество обслуживания, четкое понимание их предпочтений и потребностей с минимальными усилиями для совершения покупки и без потери времени. Для реализации этой концепции компания должна аккумулировать и анализировать данные о пользователе, постоянно идентифицировать его при каждом контакте и использовать историю их взаимодействия.

Для эффективной реализации омниканальности (для сбора, хранения и обработки информации о клиентах из различных источников) компания необходимо создать централизованную систему управления данными (например, такую как *Customer Data Platforms* (*CDP*) или *Data Warehouses*). Важным шагом является внедрение единой системы идентификации, обеспечивающей определение клиента в разных каналах взаимодействия. Интеграция различных каналов, таких как веб-сайт, мобильные приложения, социальные сети и чаты, в единую систему позволяет клиентам переходить между ними, сохраняя контекст взаимодействия. В нашем регионе наиболее популярной *CRM* система – Битрикс24. Битрикс24 – это онлайн-сервис, в котором собраны все необходимые инструменты для работы компании и управления бизнесом. Он дает возможность перенести в единое

пространство и автоматизировать все рабочие коммуникации, продажи, проекты и бизнес-процессы.

Система *CRM* (*Customer Relationship Management*) – это программа для автоматизации и контроля взаимодействия компании с клиентами. В системе сосредоточена вся необходимая информация о заказах, предпочтениях, завершённых и текущих сделках, а также личных данных (при соответствующем согласии). Полученные данные о клиентах позволяют более внимательно относиться к деталям, оперативно обрабатывать заявки и отвечать на запросы.

Существует три основных этапа использования больших данных при разработке *CRM*-систем (рисунок 3):

1 Процесс интеграции данных в *CRM*-системы – это сбор информации из разнообразных источников (социальные сети и электронная коммерция). Критическое значение этого этапа заключается в обеспечении высокого качества данных, поскольку именно от этого зависят все последующие этапы.

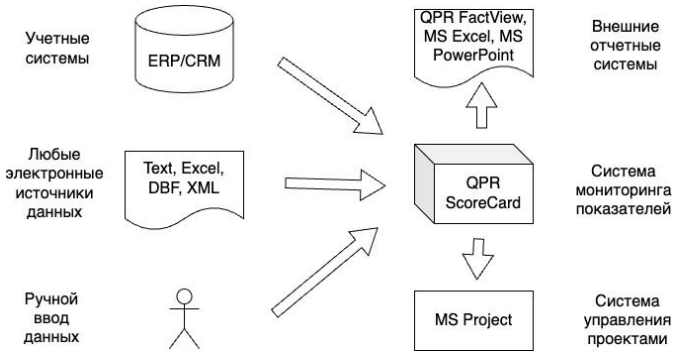


Рисунок 3. Процесс интеграции данных в *CRM*-системы

2 Преобразование данных в форматы, легко усваиваемые системой, что имеет важное значение для построения аналитических моделей. Обычно это достигается за счет сортировки, агрегации, объединения или применения специальных расширенных функций и алгоритмов.

3 Анализ и изучение, выявление важных аспектов и закономерностей бизнес-процессов, подтверждают гипотезы и предсказывают тенденции.

Технологии больших данных предоставляют эффективное и масштабируемое решение для анализа обширных данных о потребителях в системе *CRM*. При таком подходе информация о заказах и покупателях хранится и структурируется в одном месте, что помогает оптимизировать цикл заказов, создавать успешные рекламные кампании, разрабатывать более эффективные стратегии продаж, повысить качество обслуживания и как результат лояльность клиентов к компании.

Понимание инструментов и методов маркетинга совместно с технологиями больших данных представляют собой мощный инструмент для создавать более глубоких аналитических отчетов и способствует принятию более эффективных решений, направленных на удовлетворение потребностей клиентов.

Алгоритмы машинного обучения используют информацию о предпочтениях, покупках и интересах, чтобы предсказать, какие бонусы будут наиболее привлекательными для конкретных клиентов. Системы аналитики осуществляют глубокий анализ трат и предпочтений, что дает понимание эффективности текущих программ лояльности. Благодаря этим данным компании могут корректировать свои стратегии, создавать более привлекательные предложения и оптимизировать структуру бонусов. Эффективное использование обратной связи и результатов опросов позволяет адаптировать программы под изменяющиеся потребности клиентов.

Заключение. Интеграция данных из различных источников, включая внешние, расширяет информационную базу и обеспечивает комплексный взгляд на потребителей.

Такой подход позволяет создавать действительно уникальные и привлекательные программы лояльности, способные максимально удовлетворять потребности клиентов и повышать уровень их лояльности. Таким образом, современные технологии обработки больших данных становятся неотъемлемым инструментом для компаний, стремящихся к устойчивому росту и улучшению взаимоотношений с аудиторией.

Список литературы

[1] N.Buvaneswari, S.Bose Disjunction of Personalization and Recommendation in Big data Analytics. – Электронный доступ: https://www.researchgate.net/publication/372232013_Disjunction_of_Personalization_and_Recommendation_in_Big_data_Analytics

[2] Mahmoud Saleh, Mahmoud Saleh How is Brand Loyalty Influenced by Brand Association of Reference Groups and Advertisement Informativeness Through Self-Brand Connection? – Электронный доступ: https://www.researchgate.net/publication/374925111_How_is_Brand_Loyalty_Influenced_by_Brand_Association_of_Reference_Groups_and_Advertisement_Informativeness_Through_Self-Brand_Connection

[3] Словарь маркетолога. – Электронный доступ: https://roistat.com/rublog/omnichannel/

[4] Современные тренды в повышении лояльности клиентов. – Электронный доступ: https://vigodno.org/info/articles/marketing/sovremennye-trendy-v-povyshenii-loyalnosti-klientov/

[5] Big Data в разработке CRM. – Электронный доступ: https://vr-app.ru/blog/big-data-v-razrabotke-crm/

Авторский вклад

Фролова Дарья Александровна – постановка задачи исследования темы, анализ существующих исследований и публикаций, связанных с повышения лояльности к компании, используя персонализированный подход.

Гулецкая Елизавета Андреевна – описание принципа работы CRM-системы, сравнение принципов работы мультиканального и омниканального подходов.

USAGE OF BIG DATA FOR INCREASING BRAND LOYALTY

D.A. Frolova
Lecturer
BSUIR Economics,
Master of Economic Sciences

L.A. Huletskaya
Student of BSUIR

Abstract. The study focuses on the application of big data to improve brand loyalty. The article discusses data analysis methods that identify trends in consumer behavior, providing personalized content. The authors also explore how this data can help businesses predict customer preferences and tailor marketing strategies effectively, helping to strengthen the bond between brand and consumers.

Keywords: big data, loyalty, brand, personalization, omnichannel approach, Customer Relationship Management.

УДК 004.8:004.9

ИГРОВОЙ ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В КОНТЕКСТЕ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

И.И. Фролов
Доцент кафедры электронных вычислительных машин БГУИР, кандидат технических наук, доцент
frolov@bsuir.by

Е.В. Богдан
Ассистент кафедры электронных вычислительных машин БГУИР, магистрант
evgeny20001111@gmail.com

И.И. Фролов
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов обработки изображений, машинного обучения, искусственным интеллектом.

Е.В. Богдан
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем игрового искусственного интеллекта, большими данными.

Аннотация. Публикация обращает внимание на инновационное использование больших данных в области игрового искусственного интеллекта (ИИ). Авторы рассматривают применение данных для анализа поведения игроков, выделяя подходы к сбору и обработке информации о стратегиях, предпочтениях и взаимодействии пользователей в игровом мире. Основываясь на этом анализе, выделены основные методики создания и применения персонализированных игровых сценариев и разработки виртуальных персонажей с высоким уровнем адаптивности. Публикация выделяет перспективы улучшения качества игрового опыта и глубины взаимодействия, обозначая важность этого направления в контексте современного развития компьютерных игр и прогнозируя его потенциальное влияние на будущее индустрии.

Ключевые слова: Игровой искусственный интеллект, разработка игр, анализ поведения игроков, разработка игровых сценариев.

Введение. В настоящее время заметно увеличивается распространение компьютерных игр в качестве формы досуга для широкого круга пользователей, что обусловлено их воспринятием как обыденного явления в повседневной жизни. Этот тренд привел к стремительному росту индустрии разработки видеоигр, обозначив появление множества компаний, специализирующихся в данной области. В значительной степени такое явление обусловлено не только повышением спроса на развлекательные продукты, но и эволюцией технологий, связанных с компьютерными вычислениями.

Прогресс в области технологий существенно влияет на уровень качества компьютерных игр. Наблюдается тенденция к постоянному усовершенствованию графических характеристик, созданию обширных виртуальных миров и разработке более сложных неигровых персонажей. Эти факторы содействуют тому, что современные видеоигры оказываются привлекательными и запоминающимися для потребителей. При этом отмечается,

что при разработке игр часто делается упор на определенные направления, так как воплощение всех аспектов одновременно оказывается труднореализуемым в адекватные сроки.

Один из существенных аспектов в контексте игровой деятельности, привлекающих внимание игроков, заключается в глубоко проработанном алгоритме поведения неигровых персонажей [1]. Такие алгоритмы, ответственные за регулирование действий персонажей в игровых сценариях, часто обозначаются термином "игровой искусственный интеллект". Оценка качества созданных персонажей и их поведения включает в себя анализ не только логики действий, но также системы анимаций, в качестве примера.

В контексте игрового искусственного интеллекта необходимо обеспечивать способность адаптации к изменениям в игровом окружении, реакцию на действия игрока и, естественно, взаимодействие с другими неигровыми персонажами.

Реализуемость и актуальность. В процессе разработки игрового искусственного интеллекта выделяется фундаментальная проблема, связанная с отсутствием унификации в методах его создания. Для каждого проекта необходимо применять разнообразные подходы, а в некоторых случаях – вовсе отличные алгоритмы для формирования поведенческих моделей неигровых персонажей. Этот процесс, кроме того, должен учитывать динамичные действия игрока, что влечет за собой затруднения при создании индивидуализированных персонажей в данном контексте.

Введение независимых алгоритмов поведения для нескольких разновидностей персонажей представляет собой перспективный подход, способный упростить процесс разработки. Эта стратегия обеспечивает контроль за действиями игрока, предотвращая использование универсальных тактик для прохождения. Такой метод также содействует преодолению проблемы создания унифицированных противников для игроков.

Определение игрового искусственного интеллекта (ИИ). Актуальность проблемы в разработке игрового искусственного интеллекта (ИИ) проистекает из трудности унификации процесса его создания. В контексте данной проблематики отмечается, что использование нейронных сетей и машинного обучения часто представляет собой вызов, обусловленный недостатком необходимой информации или времени для обучения системы. Такие методы могут оказаться пригодными лишь для решения ограниченного набора задач, а не для обеспечения функциональности всей системы. Тем не менее, существует перспектива применения машинного обучения в данном контексте [2].

На сегодняшний день в разработке игрового искусственного интеллекта наиболее часто используются конечные графы состояний в различных формах. Примерами таких подходов могут быть деревья поведений, системы планирования и сами графы состояний. Упомянутые примеры играют ключевую роль в четком определении понятия игрового искусственного интеллекта и обосновании редкого использования нейронных сетей и машинного обучения.

Деревья поведений, аналогичные бинарным деревьям в выборе текущей задачи для выполнения, предоставляют эффективный механизм не только в компьютерных играх, но и в робототехнике и системах контроля. Они описываются условиями в узлах для ветвлений и выполнением задач в листьях. Сложность деревьев может быть высокой, с узлами, вызывающими поддеревья. Разработка включает две основные части: определение порядка действий персонажей и программирование конкретных задач, позволяя адаптироваться к изменениям тактики игроков или противников. Структурирование на разных уровнях абстракции обеспечивает гибкость в изменении поведения персонажей.

Графы состояний также применяются для создания искусственного интеллекта в играх. Однако их специфичное использование и, в некоторых случаях, трудности в работе со сложными персонажами связаны с нелинейным увеличением числа переходов при увеличении числа состояний. Описания правил переходов требуют ручного вмешательства для каждого типа поведения, что может оказаться трудоемким. Тем не менее, в написании

относительно простого искусственного интеллекта часто используется данный подход из-за простоты контроля логики поведения.

Системы планирования также являются распространенным инструментом в разработке игрового искусственного интеллекта. Примером такой системы является система планирования действий с ориентацией на цель (*GOAP*) [3], которая направляет поведение неигровых персонажей. *GOAP* основана на представлении каждого персонажа в игре с определенной целью, которую необходимо достичь. Эта система позволяет агентам принимать решения на основе текущего состояния игрового мира и строить цепочки действий для достижения промежуточных целей.

Необходимо подчеркнуть, что все вышеописанные подходы являются взаимозаменяемыми, однако неправильный выбор может привести к трудностям в разработке, поддержке и изменении логики поведения.

Способы применения игрового искусственного интеллекта. Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой неотъемлемый элемент современных технологий, применение которого выходит за рамки области развлечений. Диапазон применения игрового искусственного интеллекта обширен и охватывает сферу образования, тестирования сложных систем и других областей. Однако несмотря на потенциальные преимущества, нестандартное использование подобного инструмента может создавать трудности в процессе его разработки.

Приведём некоторые примеры применения искусственного интеллекта:

1 Создание персонализированных программ обучения [4]: искусственный интеллект используется для разработки образовательных программ, адаптирующихся к индивидуальным предпочтениям, уникальному опыту и стилям обучения каждого учащегося. Это позволяет эффективно подстраиваться под уровень знаний, скорость обучения и поставленные цели, обеспечивая высокую вероятность успешного освоения материала.

2 Тестирование и отладка сложных систем: искусственный интеллект автоматизирует тестирование для выявления ошибок и анализа всех возможных действий, выполняемых игроком. Инструменты, основанные на искусственном интеллекте, облегчают работу тестировщиков, ускоряя и сглаживая процесс тестирования игр. Примером служит разработка, реализованная в компании *EA* [5].

3 Создание уникального контента: искусственный интеллект может генерировать контент на основе пользовательских предпочтений или простых запросов, что является типичным для других сфер применения искусственного интеллекта.

4 Изучение истории: игровые приложения могут служить средством изучения истории, основанного на фактах, делая обучение более интерактивным и увлекательным [6].

Вышеописанные примеры представляют лишь несколько сфер применения игрового искусственного интеллекта, которые, хотя и отклоняются от традиционного понимания игр как развлекательного формата, демонстрируют потенциал и пользу данного подхода [7].

Создание множества типов игровых персонажей. В большинстве случаев искусственный интеллект (ИИ) применяется в развлекательных играх, призванных доставлять удовольствие игрокам и приносить выгоду разработчикам. В свете этого следует рассмотреть пример создания стандартного искусственного интеллекта, с умышленным опусканием в данной статье обсуждения аспектов, таких как анимации, звуковая обработка и другие важные, хотя не являющиеся центральными, компоненты при разработке завершенного игрового проекта.

Однако существует проблема в том, что искусственный интеллект часто ассоциируется с применением нейронных сетей и машинного обучения. Несмотря на наличие некоторых примеров использования такого подхода, они остаются относительно редкими. Применение машинного обучения и моделей оценки обучения ИИ позволяет создавать реалистичные и сложные среды для обучения моделей поведения игровых персонажей. Однако такие среды

требуют значительных временных затрат и специализированных знаний в сфере соответствующих областей.

При обсуждении игрового искусственного интеллекта обычно подразумевается его способность адаптироваться к решениям, принятым игроком. Однако предсказание действий игрока не всегда представляется целесообразным. Частое предугадывание действий пользователей может вызвать избыточность и нежелательность для многих.

Дополнительно существует проблема создания унифицированного персонажа, способного эффективно подстраиваться под различные стратегии одновременно. Такой подход не всегда оправдывает себя, и его использование часто сопряжено с многочисленными недостатками. В контексте методов написания искусственного интеллекта для игр ранее была выявлена проблема описания состояний поведения. В попытке создания унифицированного персонажа, количество состояний его поведения возрастает нелинейно, что увеличивает как время разработки, так и возможные риски. Среди рисков следует выделить возможные ошибки в поведении, которые могут оказаться сложными для выявления.

Указанные трудности могут быть преодолены путем создания нескольких типов персонажей, нацеленных на конкретные цели. Этот подход предполагает, что различные персонажи будут снижать эффективность действий игрока в различных областях.

Игровой искусственный интеллект в контексте больших данных. Современная индустрия компьютерных игр стремительно развивается, и одним из ключевых аспектов этого развития является интеграция больших данных в область игрового искусственного интеллекта. Использование больших данных в анализе поведения игроков и создании их виртуальных аналогов с использованием игрового искусственного интеллекта предоставляет уникальные возможности для повышения качества игрового опыта и глубины взаимодействия.

Одной из важных областей применения больших данных в игровой индустрии является анализ поведения игроков. Сбор и обработка больших объемов данных, таких как взаимодействия игроков с игровым миром, принятые решения, предпочтения и реакции на различные сценарии, позволяют создать детальные профили пользователей. Этот анализ позволяет лучше понять индивидуальные предпочтения каждого игрока, его стиль игры и стратегии.

На основе этих данных разработчики могут адаптировать игровой процесс, создавать персонализированные сценарии и предлагать контент, наилучшим образом соответствующий потребностям каждого игрока. Анализ поведения игроков становится основой для формирования уникальных игровых сценариев и оптимизации интерфейса, обеспечивая максимальное удовлетворение от игрового процесса.

Создание виртуальных персонажей с высоким уровнем реализма и индивидуальности - одна из ключевых задач разработчиков компьютерных игр. Большие данные предоставляют уникальные возможности для улучшения этого процесса. Анализ данных о поведении реальных игроков позволяет выявить тенденции, характерные для различных групп пользователей. Эта информация затем используется в создании игровых персонажей, обладающих адаптивностью и реагирующих на игровые ситуации, как это делают реальные игроки.

Игровой искусственный интеллект, обученный на основе этих данных, способен адаптироваться к стилю игры каждого пользователя, предоставляя уникальный и персонализированный опыт. Кроме того, анализ больших объемов данных о поведении игроков помогает создать персонажей с более сложными и непредсказуемыми характеристиками, что дополнительно обогащает игровой мир и делает виртуальных персонажей более убедительными.

Заключение. Итак, использование больших данных в анализе поведения игроков и создании игрового искусственного интеллекта позволяет повысить уровень адаптивности, персонализации и реализма в мире компьютерных игр. Это направление открывает перспективы для создания более увлекательных и глубоких игровых впечатлений, соответствующих индивидуальным предпочтениям каждого игрока.

Список литературы

[1] Обзор алгоритмов [Электронный ресурс] – https://skillbox.ru/media/gamedev/iskusstvennyy-intellekt-v-igrakh/

[2] Использование машинного обучения в игровом искусственном интеллекте [Электронный ресурс] – https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-primeneniya-mashinnogo-obucheniya-v-videoigrah

[3] Goal oriented action planner (GOAP) [Электронный ресурс] – https://www.gdcvault.com/play/1022019/Goal-Oriented-Action-Planning-Ten.

[4] Benefits of AI in Education [Электронный ресурс] – https://thejournal.com/articles/2021/06/23/7-benefits-of-ai-in-education.aspx.

[5] Искусственный интеллект при тестировании [Электронный ресурс] – https://www.ea.com/ru-ru/games/starwars/battlefront/star-wars-battlefront-2/news/ai-article-deep-dive.

[6] Gaming in Education [Электронный ресурс] – https://www.researchgate.net/publication/321376822_ Gaming_in_Education_Using_Games_as_a_Support_Tool_to_Teach_History

[7] Искусственный интеллект в нашей жизни [Электронный ресурс] – https://scienceforum.ru/2020/article/2018018474.

Авторский вклад

Фролов Игорь Иванович – руководство исследованием по оценке возможностей игрового искусственного интеллекта при использовании больших данных в анализе поведения игроков.

Богдан Евгений Валерьевич – тестирование отдельных модулей Unity, использующих принципы искусственного интеллекта, описание принципов построения игровой механики при разработке компьютерных игр.

GAMING ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN THE CONTEXT OF BIG DATA

I.I. Frolov
Associate Professor, Department of Electronic Computing Machines, PhD of Technical sciences, Associate Professor

E.V. Bogdan
Assistant, Department of Electronic Computing Machines, BSUIR, Master's student

Abstract*:* This publication focuses on the innovative utilization of big data in the realm of gaming artificial intelligence (AI). The authors explore the application of data for analyzing player behavior, delineating approaches to collecting and processing information on strategies, preferences, and user interactions within the gaming environment. Grounded in this analysis, fundamental methodologies for creating and implementing personalized gaming scenarios and developing virtual characters with high adaptability are highlighted.

The publication underscores the prospects for enhancing the quality of the gaming experience and the depth of interaction, emphasizing the significance of this direction in the context of contemporary computer game development and forecasting its potential impact on the future of the industry.

Keywords*:* Gaming Artificial Intelligence, game development, player behavior analysis, game scenario development.

УДК 519.624.2

О МАКСИМАЛЬНОЙ ПЛОЩАДИ ПОД ИНТЕГРАЛЬНОЙ КРИВОЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ ОШИБКИ ПРИ СИНТЕЗЕ ВП

И.П. Кобяк
Доцент кафедры ЭВМ БГУИР,
кандидат технических наук, доцент
IPKobyak2012@mail.ru

И.П.Кобяк

Работает в Белорусском государственном университете с 1982 г. Занимаемые должности инженер, ассистент, доцент кафедры ЭВМ. Защитил кандидатскую диссертацию в 1993 г. Область научных интересов: методы идентификации сообщений, проектирование спецпроцессоров.

Аннотация. В работе на основе алгоритма конечных разностей представлена методика формирования равенства для суммы вероятностных моментов производящей функции, соответствующей методу идентификации шумоподобных сообщений оценками наблюдения заданных пар векторов состояний. Полученные зависимости предполагается использовать в технических системах, ориентированных на прием и передачу зашумленных сообщений. Получено аналитическое соотношение для перечисляющей производящей функции, позволяющее определить площадь под кривой вероятности пропуска ошибки при наблюдении векторов переходов, регистрируемых с минимальной вероятностью. В статье также рассмотрен вопрос сравнения в асимптотике площади под интегральной кривой уровней вероятности ошибки, порождаемых предлагаемым методом с известными алгоритмами синтеза контрольных кодов.

Ключевые слова: вектор перехода, субдинамические объекты, сложные события, монообъекты и постобъекты, идентификация последовательностей, вероятность пропуска ошибки, сигнатурный анализ, вектор состояния.

Введение. Применение новых методов идентификации для задач передачи и приема информации по каналам шумоподобной связи является одним из важнейших аспектов повышения эффективности использования проблемно-ориентированных компьютерных систем. Как правило, для идентификации зашумленных сообщений используются коды-идентификаторы на основе выборочных функций [1] или линейной свертки [2], характеризующих свойства последовательностей конечной длины. Реализация данных методов предполагает исследование и анализ алгоритмов сверточного кодирования с учетом ряда научно-технических направлений. В частности, при конкретной реализации сообщений, циркулирующих в сетях передачи данных, необходимо знать уровень коллизий или другие свойства используемой оценки или линейной сигнатуры. Это позволит сократить время на выявление и исправление возможных ошибок в случае появления непредвиденных искажений в данных. С общетеоретической точки зрения необходим системный анализ параметров и их уровней для вероятностей ошибки на

основе производящих функций (ПФ). Результатом таких исследований с учетом принципов математической формализации зависимостей является возможность выбора наиболее эффективного из алгоритмов контрольного кодирования путем сопоставления свойств оценок по ряду выбранных показателей [3]. С учетом сказанного в представляемой работе рассматривается метод формирования суммы вероятностных моментов в производящей функции для минимальной вероятности наблюдения векторов переходов заданного вида (ВПЗВ) или лебеговской меры векторов переходов (ВП). Основой для выполненных исследований послужили результаты исследования двоичных последовательностей, которые указали на неравенство аргументов моды и математического ожидания в функции распределения вероятностей ошибки. Таким образом, из указанных результатов вытекает необходимость всестороннего рассмотрения предлагаемого метода оценивания многомерных сообщений в сетях передачи данных для формирования количественных показателей и анализа его преимуществ в соответствии с работами [5,6].

Математические объекты в задаче исследования. С учетом работы [5] при наблюдении ВПЗВ можем записать соотношение для энумератора в форме кусочно-гладкой функции общего вида:

$$\begin{aligned} P_{ifc} = Mo + \sum_{g} \pi(g)\ \xi_1 p e^{t}\ \ k_{1,1}x_1^1 + \sum_{i=2}^{n-4} k_{1,i}x_1^i \frac{1}{2^{i+1}}\beta_{1,i} + k_{1,n-2}x_1^{n-2}\frac{1}{2^{n-1}}\beta_{1,n-2} \ + \\ +\xi_2 p^2 e^{2t}\ \ k_{2,1}x_2^1 + \sum_{i=2}^{n-6} k_{2,i}x_2^i \frac{1}{2^{i+1}}\beta_{2,i} + k_{2,n-4}x_2^{n-4}\frac{1}{2^{n-3}}\beta_{2,n-4} \ + \\ +...+\xi_{0,5(n-5)} p^{\frac{n-5}{2}} e^{\frac{n-5}{2}t}\ \ k_{\frac{n-5}{2},1}x_{\frac{n-5}{2}}^1 + \sum_{i=2}^{3} k_{\frac{n-5}{2},i}x_{\frac{n-5}{2}}^i \frac{1}{2^{i+1}}\beta_{\frac{n-5}{2},i} + k_{\frac{n-5}{2},5}x_{\frac{n-5}{2}}^5 \frac{1}{2^6}\beta_{\frac{n-5}{2},5} \ + \\ +\xi_{0,5(n-3)} p^{\frac{n-3}{2}} e^{\frac{n-3}{2}t}\ \ k_{\frac{n-3}{2},3}x_{\frac{n-3}{2}}^3 \frac{1}{2^4}\beta_{\frac{n-3}{2},3} \ + \xi_{0,5(n-1)} p^{\frac{n-1}{2}} e^{\frac{n-1}{2}t} k_{\frac{n-1}{2},1}x_{\frac{n-1}{2}}^1 \end{aligned}^{n-g}. \quad (1)$$

Математическое ожидание числа последовательных пар ВПЗВ определяется соотношением:

$$j_{mo} = \frac{1}{1-p} = 1+\xi, \quad (2)$$

где p - асимптотическая вероятность (или удельный вес ВПЗВ в паре ВС при бесконечном n), вида:

$$p = \frac{3^{r-\mu}}{m^2}, \qquad m = 2^r, \quad (3)$$

параметр μ - это число единичных символов в ВП заданного вида.

Однако, в целом, при рассмотрении вероятности (3) с учетом соотношения для математического ожидания (2) можно заключить, что данный параметр для многомерных задач, использующих полиномиальное представление вероятностей, должен быть трансформирован в соотношение:

$$f(p) = \frac{1}{\xi+1}\varphi(p) + \frac{\xi}{\xi+1}\varphi(p^2), \quad (4)$$

то есть, если $1+\xi$ – это значение математического ожидания параметра, то

представление вероятностей в производящей функции должно соответствовать хотя бы минимальному полиному вида (4). Следовательно, в сокращенной форме энумератор (1) может быть представлен суммой:

$$P_{ifc} < Mo + \sum_{g} \pi(g) \left[\xi_1 p e^{t} \left[k_{1,1} x_1^1 + \sum_{i=2}^{n-4} k_{1,i} x_1^i \frac{1}{2^{i+1}} \beta_{1,i} + k_{1,n-2} x_1^{n-2} \frac{1}{2^{n-1}} \beta_{1,n-2} \right] + \right. \\ \left. + \xi_2 p^2 e^{2t} \left[k_{2,1} x_2^1 + \sum_{i=2}^{n-6} k_{2,i} x_2^i \frac{1}{2^{i+1}} \beta_{2,i} + k_{2,n-4} x_2^{n-4} \frac{1}{2^{n-3}} \beta_{2,n-4} \right] \right]^{n-g}. \quad (5)$$

где множители ξ_j следуют из представления функции в соответствии с общим видом (4).

Далее, следует учитывать, что пара векторов, образующих ВПЗВ, имеет число вариантов $3^{r-\mu}$, а пара ВС, не образующих ВПЗВ - $m^2 - 3^{r-\mu}$. Тогда с учетом производной:

$$\frac{\partial}{\partial r} 3^{r-\mu} < \frac{\partial}{\partial r} \left(m^2 - 3^{r-\mu} \right) \quad (6)$$

можем заключить, что значение моды распределения (5) равно:

$$Mo = \frac{1}{2^{n+1}} \beta_n ,$$

то есть максимум имеет место при отсутствии событий $k_{j,i}$.

Рассмотрим теперь принцип образования верхней границы для ПФ, представленной соотношением (5).

Верхняя граница для интеграла вероятностей пропуска ошибки. Для определения верхней границы интеграла вероятностей ошибки для всех значений $r > 1$ определим минимальное значение вероятности в данных исследованиях числом $p = \frac{1}{m^2}$, что следует из тривиальных подстановок параметров r и μ в формулу (3).

Теперь рассмотрим разность двух объектов, определяющих функцию правдоподобия для $j = 1$ и произвольных значений i:

$$\frac{1}{2^{i+1}} \beta_{1,i} - \frac{1}{2^{i+2}} \beta_{1,i+1} = \frac{1}{2^{i+1}} \frac{1}{\sqrt{1-4p}} \left(1 + \sqrt{1-4p} \right)^{i+1} - \left(1 - \sqrt{1-4p} \right)^{i+1} - \\ - \frac{1}{2^{i+2}} \frac{1}{\sqrt{1-4p}} \left(1 + \sqrt{1-4p} \right)^{i+2} - \left(1 - \sqrt{1-4p} \right)^{i+2} .$$

Данная разность достаточно просто может быть преобразована к виду:

$$\frac{1}{\sqrt{1-4p}} \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{1-4p} \right]^{i+1} - \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{1-4p} \right]^{i+1} - \left[\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\sqrt{1-4p} \right]^{i+2} + \left[\frac{1}{2} - \frac{1}{2}\sqrt{1-4p} \right]^{i+2} = \\ = \frac{1}{\sqrt{1-4p}} \left(A^{i+1} - B^{i+1} \right) - \left(A^{i+2} - B^{i+2} \right) = \frac{m}{\sqrt{m^2-4}} A^{i+1}(1-A) - B^{i+1}(1-B) ,$$

здесь

$$1-A=\frac{m-\sqrt{m^2-4}}{2m},\quad 1-B=\frac{m+\sqrt{m^2-4}}{2m}.$$

Таким образом, из разности моментов следует:

$$\frac{1}{2^{i+1}}\beta_{1,i}-\frac{1}{2^{i+2}}\beta_{1,i+1}=\frac{m}{\sqrt{m^2-4}}\left(\frac{m-\sqrt{m^2-4}}{2m}\right)\left(\frac{m+\sqrt{m^2-4}}{2m}\right)^{i+1}-\left(\frac{m+\sqrt{m^2-4}}{2m}\right)\left(\frac{m-\sqrt{m^2-4}}{2m}\right)^{i+1}.$$

Используя в данном соотношении формулу для разности квадратов и тот факт, что при $r>>1$ значение $m-\sqrt{m^2-4}\approx 0$, имеем:

$$\frac{1}{2^{i+1}}\beta_{1,i}-\frac{1}{2^{i+2}}\beta_{1,i+1}\approx\frac{1}{m\sqrt{m^2-4}}\left(\frac{m+\sqrt{m^2-4}}{2m}\right)^{i}\xrightarrow{r>>1}\frac{1}{m\sqrt{m^2-4}}\left(1-\frac{\Delta}{2m}\right)^{i}=\frac{1}{m\sqrt{m^2-4}}\Theta^{i}.$$

Из данного соотношения следует, что:

$$\frac{1}{m\sqrt{m^2-4}}\left(1-\frac{\Delta}{2m}\right)^{i}=\frac{1}{m\sqrt{m^2-4}}\Theta^{i}. \tag{7}$$

Рассмотрим теперь фрагмент функции (5) для $j=1$ при $\xi_1=1$ и всех $k_{1,i}=1$. При этом сумма элементов в скобках, выраженная с использованием результата (7), может быть приведена к виду:

$$\sum_{i=2}^{n-4}\frac{1}{2^{i+1}}\beta_{1,i}=(n-5)\frac{1}{2^{2+1}}\beta_{1,2}-\frac{1}{m\sqrt{m^2-4}}\left(\Theta^{2}\sum_{i=2}^{n-4}1+\Theta^{3}\sum_{i=3}^{n-4}1+\Theta^{4}\sum_{i=4}^{n-4}1+\ldots+\Theta^{n-5}\sum_{i=n-5}^{n-4}1+\Theta^{n-4}\sum_{i=n-4}^{n-4}1\right). \tag{8}$$

где

$$\frac{1}{2^3}\beta_{1,2}=\frac{1}{\sqrt{1-4\frac{1}{m^2}}}\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{2}\sqrt{1-4\frac{1}{m^2}}\right)^{2+1}-\left(\frac{1}{2}-\frac{1}{2}\sqrt{1-4\frac{1}{m^2}}\right)^{2+1}\approx 1-\frac{1}{m^2},$$

Полагая далее, что $\Theta^{i}\xrightarrow{r>>1}1$ получаем минимальное (возможно отрицательное, но далее корректируемое) значение функции (8):

$$\sum_{i=2}^{n-4}\frac{1}{2^{i+1}}\beta_{1,i}=(n-5)\frac{1}{2^{2+1}}\beta_{1,2}-\frac{1}{m\sqrt{m^2-4}}\frac{(n-5)(n-4)}{2}.$$

Учитывая, что каждая разность $n-3-i$ в (8) умножается на дробь, данное соотношение с большей степенью достоверности может быть представлено в виде:

$$\sum_{i=2}^{n-4}\frac{1}{2^{i+1}}\beta_{1,i}=(n-5)\frac{1}{2^{2+1}}\beta_{1,2}-\frac{1}{m\sqrt{m^2-4}}\frac{(n-5)(n-4)}{2}B_1,$$

где B_1 - абстрактный множитель, уменьшающий сумму членов арифметической прогрессии до реального значения.

Из полученного равенства при $\frac{1}{2^{2+1}}\beta_{1,2}=\frac{15}{16}\approx 1$ и $m\sqrt{m^2-4}\approx m^2$ достаточно просто получить соотношение:

$$\sum_{i=2}^{n-4}\frac{1}{2^{i+1}}\beta_{1,i}=(n-5)-\frac{1}{2m^2}(n-5)(n-4)B_1. \qquad (9)$$

Учитывая, что сумма моментов в (9) должна быть больше нуля, из правой части приведенного равенства имеем квадратное неравенство:

$$-n^2B_1+\left(2m^2+9B_1\right)n-\left(10m^2+20B_1\right)>0.$$

откуда следует: $n\approx\frac{2m^2}{B_1}$.

Ряд преобразований для второй части функции (5) приводят к равенству:

$$\sum_{i=2}^{n-6}\frac{1}{2^{i+1}}\beta_{2,i}=(n-7)\frac{1}{2^{2+1}}\beta_{2,2}-\frac{1}{m\sqrt{m^2-4}}\frac{(n-7)(n-6)}{2}B_2$$

и, соответственно к результату: $n\approx\frac{2m^2}{B_2}$.

Тогда из (5) следует:

$$P_{ifc} \approx \left(1-\frac{\Delta}{2m}\right)^{n+1} + \left(\frac{1}{1+\xi}\right)\left(p+2\left(\frac{1}{B_1}-\frac{1}{B_1^2}\right)+\frac{\xi}{1+\xi}\left(p^2+2p\left(\frac{1}{B_2}-\frac{1}{B_2^2}\right)\right)^n\right).$$

Соответственно, для разностей в скобках можем составить два неравенства. В первом случае:

$$2\left(\frac{1}{B_1}-\frac{1}{B_1^2}\right) < p,$$

при этом некоторая бесконечно малая величина

$$\psi_1 = \frac{1}{B_1}-\frac{1}{B_1^2} < -\frac{1}{2}p.$$

Во втором случае имеем

$$2p\left(\frac{1}{B_2}-\frac{1}{B_2^2}\right) < p^2,$$
$$\psi_2 = \frac{1}{B_2}-\frac{1}{B_2^2} < -\frac{1}{2}p.$$

Тогда соотношение для ПФ может быть представлено в виде:

$$P_{ifc} \approx \left(1-\frac{\Delta}{2m}\right)^{n+1} + \left(\frac{1}{1+\xi}\right)\left(p+2\left(\psi_1 < -\frac{1}{2}p\right)+\frac{\xi}{1+\xi}\left(p^2+2p\left(\psi_2 < -\frac{1}{2}p\right)\right)^n\right).$$

Учитывая теперь степень n у дроби во второй части формулы, практически без потери общности, можем записать:

$$P_{ifc} \approx \left(1-\frac{\Delta}{2m}\right)^{n+1} + \frac{1}{2^n}p^n, \quad p^2 << p. \tag{10}$$

Полученное соотношение позволяет заключить, что при $n\to$ численное значение ПФ для вероятностей наблюдения ВПЗВ стремиться к моде распределения вероятностей.

Сравнение методов вероятности наблюдения ВПЗВ с классическими алгоритмами свертки. Классические алгоритмы свертки цифровых последовательностей, как правило, основываются на суммировании выбранных элементарных событий в идентифицируемых сообщениях. При этом площадь под огибающей кривой плотности распределения вероятностей пропуска ошибки принципиально равна единице, что следует из факта полной группы событий для вероятностей наблюдаемых объектов. Так при сигнатурном анализе (*sa*) функция распределения вероятностей ошибки, представляющая собой прямую линию, при суммировании всех аргументов приводит к единичному результату. Рассматриваемый же в данных исследованиях алгоритм представляет собой методологию особого вида, основанную на явлении переключения технических систем из состояния $A(t)$ в состояние $A(t+1)$ под действием синхронизирующих импульсов. Соответственно задача наблюдения ВПЗВ или лебеговской меры ВП не позволяет

получить сумму вероятностей ошибки равную единице. Следовательно, сравнение параметров предлагаемого в данной работе метода и алгоритмов сигнатурного анализа, а также наблюдения векторов состояний, сводится к получению обратных функций для интегральных сумм моментов при минимальном или максимальном значениях рассмотренного в данной работе энумератора.

Сравнение интеграла вероятности пропуска ошибки при сигнатурном анализе (или регистрации векторов состояний) с методом наблюдения ВПЗВ при максимальном значении ПФ показывает, что имеет место примерное равенство при малых значениях n. Однако, с ростом длины выборки преимущество метода наблюдения ВПЗВ возрастает весьма существенно.

Список литературы

[1] Кобяк И.П. Идентификация случайных сообщений статистической оценкой векторов переходов // АиТ. 1997. №9. С.81-86.

[2] Nadig H.G. Signature analysis - concepts, examples and guidelines // Hewlett Packard J. - May. 1977. P. 5-21.

[3] Кобяк И.П. Теория внутрисхемного наблюдения СБИС с использованием автокорреляционных функций // Автоматика и вычислительная техника. 2009. № 2. С. 37-46.

[4] Кобяк И.П. Производящая функция для распределения вероятностей наблюдения векторов переходов // Автоматика и вычислительная техника. 2006. № 6. С. 60-67.

[5] Кобяк И.П. Производящая функция для вероятности пропуска ошибки при наблюдении векторов переходов. В кн.: BIG DATA и анализ высокого уровня 2023, BIG DATA and advanced analytics 2023: сборник материалов 9-й международной научно-практической конференции, часть 2, Минск, 17-18 мая 2023 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Минск, 2023. С. 16-23.

[6] Кобяк И.П. Сравнительный оценка достоверности методов сигнатурного анализа и счета состояний // Электрон. моделирование. 1996. Т.18. №3. С. 58-62.

Авторский вклад

Кобяк Игорь Петрович – руководство исследованием о максимальной площади под интегральной кривой распределения вероятностей ошибки при синтезе ВП, формирование структуры статьи

ON THE MAXIMUM AREA UNDER THE INTEGRAL CURVE OF THE ERROR PROBABILITY DISTRIBUTION IN THE SYNTHESIS OF VP

I.P. Kabiak,
PhD, Associate Professor,
Chair of ECM, BSUIR.

Abstract. Based on the finite difference algorithm, the paper presents a method for generating equality for the sum of the probabilistic moments of the generating function corresponding to the method of identifying noise-like messages by observing estimates of given pairs of state vectors. The obtained dependencies are supposed to be used in technical systems focused on receiving and transmitting noisy messages. An analytical relation for the enumerating generating function is obtained, which makes it possible to determine the area under the probability curve of missing an error when observing transition vectors recorded with minimal probability. The article also considers the issue of comparing, in the asymptotic of the area under the integral curve, the error probability levels generated by the proposed method with known algorithms for the synthesis of control codes.

Keywords: Keywords: transition vector, sub dynamic objects, complex events, mono objects and post objects, sequence identification, probability of missing an error, signature analysis, state vector.

УДК 004.65+004.774+004.738.5:334.012.42

РОЛЬ ИНСТРУМЕНТОВ BIG DATA И ADVANCED ANALYTICS В ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЕБ-САЙТА В СФЕРЕ ЭЛЕКТРОННОЙ КОММЕРЦИИ

Э.В. Котович
Студентка 4 курса инженерно-экономического факультета специальности "Электронный маркетинг" БГУИР
kotovicherika@gmail.com

О.Н. Шкор
Старший преподаватель, магистр экономических наук, доктор философии в области экономики
shkor@bsuir.by

О.Н. Шкор

Родилась в Минске. Закончила БПИ в 1984 году. В 2001 г. защитила магистерскую диссертацию на тему: «Использование блочно-модульной системы обучения в профессиональной ориентации школьников» по специальности 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством». В 2010 г. защитила докторскую диссертацию (PhD) на тему: «Экономическое обоснование формирования транспортной логистической системы Республики Беларусь» в Международной кадровой академии (Киев). С 2014 г. по настоящее время – заместитель заведующего кафедрой по научно-исследовательской работе студентов.

Э.В. Котович

Родилась в 2003 году в Минске. В 2020 году закончила ГУО «Средняя школа №147 г. Минска». В этом же году поступила в УО «БГУИР», была зачислена на платную форму обучения по специальности «Электронный маркетинг» инженерно-экономического факультета.

Аннотация. Данная статья представляет собой обзор современных инструментов *Big Data* и *Advanced Analytics* и их воздействие на повышение эффективности веб-сайта в сфере электронной коммерции. Рассматривается использование аналитики больших данных для оптимизации процессов в электронной коммерции, таких как анализ поведения потребителей, сегментация клиентов, прогнозирование и оценка рыночной ситуации, а также удержание и увеличение лояльности клиентов и применение данных инструментов для создания релевантного контента. В статье приводятся примеры успешного применения этих технологий крупными ритейл-компаниями и тенденции развития в будущем.

Ключевые слова: *Big Data*, предикативная аналитика, e-commerce, электронная коммерция, маркетинг, персонализация веб-сайта, контент.

Введение. В эпоху цифрового бизнеса предпринимаются различные усилия, чтобы максимизировать эффект от бесконтактного взаимодействия. Владельцы компаний пытаются найти потенциальные решения для привлечения клиентов и развития альтернативного взаимодействия. Одним из наиболее эффективных решений является анализ больших данных, которые включают в себя общую статистику рынков и личные данные пользователей: информацию о транзакциях и платежах, покупках, перемещениях и предпочтениях аудитории. *Big Data* применяется практически во всех отраслях бизнеса: банковское дело, страхование, ритейл, здравоохранение, логистика, наука, маркетинг и др.

Говоря о сфере e-commerce, особое внимание следует уделить такому понятию, как «персонализация интернет-ресурса».

Персонализация веб-сайта – это практика создания онлайн-опыта для конкретных пользователей на основе их предпочтений и поведения. Это может включать в себя отображение персонализированных рекомендаций по продуктам, адаптированного контента и даже персонализированных макетов и элементов дизайна веб-сайта. Цель персонализации – сделать опыт пользователя более релевантным и эффективным, предоставляя контент и информацию, которые с большей вероятностью будут ему интересны. Данная технология может быть реализована разными способами, но обычно она предполагает использование больших данных и сопутствующих инструментов. Таким образом, владелец любого сайта обязан постоянно заниматься оптимизацией его конверсии, иначе он просто не выживет в конкурентной борьбе [1].

Актуальность. В современном мире пользовательские данные играют важную роль в персонализации веб-сайтов, предоставляя компаниям необходимую информацию для понимания мотивов покупок своих клиентов и создания персонализированного опыта, учитывающего их индивидуальные потребности и предпочтения. Использования инструментария *Big Data* позволяет компаниям принимать более эффективные решения, повышать вовлеченность клиентов и способствовать росту доходов, что является ключевым фактором в оптимизации бизнес-процессов.

Не менее важным инструментом, оказывающим положительное влияние на пользовательский опыт (*User Experience*) является использование предикативной аналитики (*Predictive Analytics*). Предиктивная аналитика предлагает компаниям мощный инструмент для повышения уровня удержания клиентов и улучшения клиентского опыта. Используя большие данные и предиктивное моделирование, компании могут получить подробную информацию о поведении клиентов и предсказать риск оттока для каждого из них. Учитывая, что затраты на привлечение новых клиентов в 25 раз выше, чем на удержание существующих, далеко идущие преимущества предиктивной аналитики для удержания клиентов неоспоримы [2].

На ряду с этим важно также отметить, что современные инструменты анализа данных оказывают положительное воздействие на автоматизацию работ по поисковой оптимизации веб-сайта (*SEO*). Собирая данные о том, как пользователи взаимодействуют с ресурсом, например, какие страницы они посещают, как долго на них остаются и на что нажимают, алгоритмы машинного обучения (*Machine Learning*) могут помочь предсказать, что пользователи сочтут интересным, и адаптировать контент в соответствии с этими ожиданиями. В данной статье будут рассмотрены основные возможности потенциального использования инструментов *Big Data* и предикативной аналитики в e-commerce для повышения эффективности интернет-ресурса, посредством применения соответствующих технологий для его персонализации, прогнозирования и оптимизации, с помощью полученных данных.

Ключевые пути использования инструментов *Big Data* и *Advanced Analytics* в сфере *e-commerce*.

1 Понимание клиентов.

Благодаря анализу поведения бренды и продавцы могут тщательно изучить взаимодействие и поведение покупателей на своих платформах, чтобы выявить предпочтения и модели покупок. Например, если значительное число покупателей часто покупает спортивную одежду, это свидетельствует о тенденции развития предпочтений.

Big Data позволяет продавцам сегментировать свою клиентскую базу по отдельным категориям, что, в свою очередь, позволяет проводить целевой маркетинг и рекламные акции. Благодаря такой сегментации рекламные предложения лучше воспринимаются

клиентами, повышая вероятность покупки и способствуя укреплению связи между платформой электронной коммерции и ее пользователями.

2 Управление товарными запасами.

Благодаря прогнозированию *Big Data* помогает предсказать спрос на различные продукты, что, в свою очередь, способствует точному управлению запасами. Например, анализируя данные о продажах в прошлом и текущие тенденции рынка, платформа электронной коммерции может спрогнозировать спрос на товар в определённое время года, обеспечивая достаточный запас для удовлетворения потребностей клиентов. Такой уровень информированности о спросе минимизирует риски затоваривания или недозагрузки, что, соответственно, может привести к увеличению расходов на хранение или потере продаж.

3. Обслуживание клиентов.

Объединение больших данных, искусственного интеллекта (*AI*) и машинного обучения существенно повышает качество и эффективность обслуживания клиентов, предоставляемого платформами электронной коммерции. Одним из ярких проявлений такой интеграции является внедрение автоматизированных чат-ботов. Используя чат-боты с искусственным интеллектом, которые постоянно обучаются и развиваются бренд может оперативно отвечать на распространенные вопросы о статусе заказа, деталях товара или правилах возврата без вмешательства человека. Это не только значительно ускоряет время ответа, но и позволяет снизить нагрузку сотрудников службы поддержки для решения более сложных вопросов.

4. Управление продуктами.

Эффективное управление продуктами - основа успеха, и аналитика данных служит надежным помощником в этой области. Одним из важнейших аспектов является ассортимент продукции, который подразумевает создание сбалансированного набора продуктов, отвечающих различным потребностям и предпочтениям покупателей. Изучая данные о продажах и предпочтениях покупателей, полученные с помощью аналитики Big Data, платформы электронной коммерции могут определить, какие продукты вызывают большой отклик у их аудитории и поэтому должны быть представлены на видном месте.

5. Маркетинг и реклама.

Одним из значительных преимуществ *Big Data* является содействие целевой рекламе. Проанализировав данные о покупателях, платформы электронной коммерции могут создавать рекламные кампании, ориентированные на определенные сегменты клиентов. Кроме того, Big Data расширяет свои возможности в области анализа эффективности. Анализ после проведения кампании с помощью Big Data позволяет выявить эффективность маркетинговых стратегий, определить области успеха и аспекты, требующие доработки. Например, если определенная кампания в социальных сетях привела к резкому росту посещаемости сайта и продаж, это может стать сигналом к выделению дополнительных ресурсов на подобные будущие кампании [3].

Применение технологий *Big Data* для персонализации веб-сайтов.

Как уже упоминалось выше, ценность персонализации веб-сайта подразумевает понимание преимуществ и важности адаптации ресурса к индивидуальным пользователям. Собирая данные о посетителях сайта и используя эту информацию для персонализации контента и функциональности сайта, компании могут улучшить пользовательский опыт, повысить вовлеченность и увеличить конверсию.

Существуют различные способы, с помощью которых компании могут собирать информацию о посетителях своих сайтов, чтобы персонализировать пользовательский опыт. Варианты кажутся бесконечными, и, объединяя источники данных, маркетологи могут добиться максимальной детализации своей работы с клиентами. Однако, следует помнить, что чем больше критериев применяется, тем выше вероятность того, что человек

не будет соответствовать условиям таргетинга кампании веб-персонализации. Некоторые распространенные методы включают:

1 *Cookies*: это небольшие текстовые файлы, которые сохраняются на устройстве пользователя при посещении им веб-сайта. *Cookies* могут использоваться для отслеживания истории посещений, предпочтений и другой информации, которая затем может быть использована для персонализации сайта.

2 Веб-аналитика: такие сервисы, как *Google Analytics*, позволяют отслеживать поведение пользователей на сайте, в том числе такие данные, как просмотры страниц, количество отказов и коэффициент конверсии.

3 Опросы и анкетирование: компании могут использовать опросы и анкетирование для сбора информации непосредственно от пользователей, например, их предпочтений, мнений и демографических данных.

4 Социальные сети: многие компании используют данные из социальных сетей, таких как *Facebook* и *Twitter*, чтобы получить представление об интересах и поведении своих клиентов.

5 Данные третьих лиц: компании также могут приобретать данные у сторонних компаний, таких как брокеры данных, чтобы получить дополнительные сведения о своих клиентах.

6 *CRM*: программное обеспечение для управления взаимоотношениями с клиентами позволяет компаниям отслеживать взаимодействие и поведение клиентов по различным каналам, включая электронную почту, колл-центры и операции в магазине.

Это лишь несколько примеров из множества различных методов, которые компании могут использовать для сбора данных о посетителях своих сайтов. Наиболее эффективный подход будет зависеть от конкретных потребностей и целей бизнеса. Важно отметить, что, хотя сбор данных может быть очень полезным, важно учитывать этические и юридические аспекты, связанные с конфиденциальностью данных, безопасностью данных и согласием пользователей [4].

Важно отметить, что при ранжировании основных источников данных, выяснилось, что, хотя данные сторонних источников составляют наибольший процент трафика сайта (~75 %), они наименее точны для персонализации. Следующую по величине долю (~60 %) составляют данные отслеживания посетителей, обладающие средней степенью точности - тем не менее, они эффективны для понимания общих закономерностей трафика и могут быть использованы для более точного определения времени пребывания анонимного посетителя на сайте.

Наиболее точными считаются данные о поведении посетителей на сайте, полученные с помощью алгоритмов (~30 %), и данные *CRM* (~15 %), которые, несмотря на небольшой размер, должны обеспечивать высокорелевантное взаимодействие с постоянными и лояльными посетителями [5].

Следует выделить следующие ключевые способы применения аналитики данных для персонализации онлайн-покупок с предпочтениями и выбором клиентов:

1 Рекомендации по товарам.

Предоставление покупателям рекомендаций по товарам доказало свою эффективность для бизнеса. Исследования показывают, что на 92 % покупателей влияют рекомендации, а половина из них хочет получать такую информацию, чтобы быстрее и разумнее делать выбор. Когда любой пользователь получает рекомендацию о своих любимых товарах и услугах, вероятность того, что он купит эти товары, возрастает, что приводит к увеличению продаж интернет-магазинов. Эффективный инструмент, предоставляющий рекомендации также должен быть интегрирован с инвентаризацией и логистикой, чтобы иметь возможность выделить только те товары, которые доступны для доставки в местоположение клиента.

2 Динамическое ценообразование.

Чаще всего, когда мы видим в Интернете какой-либо товар, отвечающий нашим требованиям, мы также проверяем его цену в соответствии с нашим бюджетом. Если товар не соответствует бюджету, мы оставляем его в корзине, ожидая снижения цены. С помощью *Big Data* предприятия электронной коммерции могут анализировать данные о предпочтительной цене товаров для пользователей. После этого компании могут корректировать цены, основываясь на таких факторах, как спрос, история клиентов, цены конкурентов и предложение товара.

3 Персонализация контента.

Персонализация контента, например, описания и изображений товара, делает этот продукт более эффективным и предпочитаемым покупателями в Интернете. Благодаря этому компании могут предоставлять персонализированные описания товаров, статьи в блогах и рекомендации, отвечающие интересам покупателей. Предоставление им подробного описания товара. Персонализация контента также ведет к привлечению клиентов к предлагаемым ими товарам и услугам, повышая их продажи.

4 *Email*-маркетинг.

Маркетинг по электронной почте – одна из самых популярных тенденций, позволяющих привлечь внимание пользователей к предлагаемым вами товарам и услугам. Все, что нужно сделать, - это отправить персонализированное электронное письмо с полностью адаптированными рекомендациями по продуктам, включающими эксклюзивные предложения, и контентом, напрямую отвечающим предпочтениям клиента. Этот маркетинговый тренд сегодня стал самым популярным и помогает бизнесу привлекать целевую аудиторию к предлагаемым товарам и услугам.

5. Персонализированные маркетинговые кампании.

Все мы слышали о рекламных объявлениях, которые размещаются на различных сайтах. Создание рекламы для продвижения товаров и услуг привлекает ваших клиентов. Создание целевых рекламных кампаний, основанных на предпочтениях и поведении клиентов, приводит к перенаправлению пользователей, просматривающих другие сайты, в ваш интернет-магазин. Это приводит к полному увеличению продаж вашего бизнеса, повышая коэффициент рентабельности. Вы должны персонализировать эти рекламные кампании, помня об интересах ваших целевых потребителей [6].

6 Безопасность онлайн-платежей.

Использование *Big Data* позволяет интегрировать различные платежные функции в централизованную платформу, что облегчает анализ тенденций. Стоит отметить, что использование централизованной платформы для этих целей сопряжено с определенными проблемами. Снизить риск утечки конфиденциальной личной информации, хранимой в одном месте, помогает соответствие стандарту *PCI DSS* (*Payment Card Industry Data Security Standard*), а также токенизация данных. Чтобы посмотреть, какие способы оплаты работают лучше всего, необходимо создать пользовательский вид заказов и выбрать необходимые способы оплаты, которые нужно отслеживать [7].

Не менее важным фактором в вопросе повышения персонализации ресурса является использование *Big Data* для улучшения самой функциональности сайта, его дизайна и возможностей навигации. Например, сайт электронной коммерции может предоставлять различные варианты сортировки и фильтрации на основе предыдущей истории просмотров пользователя. Новостной сайт может позволить пользователям настраивать макет домашней страницы, а платформа потокового видео может позволить пользователям изменять настройки воспроизведения по умолчанию в зависимости от их предпочтений.

Анализ данных о поведении и предпочтениях пользователей, (например, какие страницы посещаются чаще всего, на какие ссылки нажимают чаще и на каких страницах

самый высокий процент отказов) позволяет разрабатывать рекомендации для улучшения общего дизайна и навигации сайта. Так, компании могут использовать полученные данные для улучшения макета и дизайна сайта, перемещая важное содержимое на более видные места, делая навигацию более интуитивной или упрощая общую структуру сайта. Кроме того, с помощью анализа данных можно выявить области сайта, которые работают не лучшим образом, и внести в них соответствующие изменения [4].

Говоря о возможностях использования *Big Data* для улучшения эффективности веб-сайта, также можно выделить следующие виды анализов:

1 Анализ тепловых карт.

Тепловые карты – это отличный инструмент, который позволяет отслеживать содержимое сайта и действовать точно в срок. Тепловые карты позволяют измерить, куда перемещается мышь или взгляд посетителя, чтобы помочь понять, что привлекает внимание пользователя, а что он пропускает. Одним словом, это позволяет в режиме реального времени отслеживать эффективность сайта. Маркетолог может в доли секунды понять, какой контент лучше всего работает, а какой необходимо изменить. Например, если посетители не уделяют достаточно времени кнопке *CTA* (*Call to Action*) или логотипу компании, то это следует рассмотреть в качестве возможности для улучшения.

2 Анализ трафика.

Анализ трафика – это еще один инструмент, который дает специалистам более глубокое представление о том, как визуальная привлекательность ресурса может повлиять на продажи. Он показывает, какие элементы сайта привлекают пользователей, а какие нуждаются в улучшении. С помощью анализа трафика можно сравнить посещаемость своего сайта с сайтами конкурентов и выяснить, что привлекает трафик на сайт конкурентов. Таким образом можно изучить просмотры страниц, посещения, уникальных посетителей, среднюю продолжительность визита, новые посещения и показатель отказов на анализируемом сайте, для дальнейшего улучшения наименее эффективных областей.

3 Аналитика поиска по сайту.

Аналитика поиска по сайту – это отличный способ получить представление о том, что потребители хотят или ищут на сайте. Добавление поисковой строки на сайт и отслеживание того, что ищут пользователи, может дать чёткое представление о намерениях пользователей. Таким образом, с помощью аналитики поиска по сайту можно узнать, что если пользователи ищут определенный контент и не могут найти его в результатах поиска, то они скорее всего покинут веб-страницу.

4 Анализ сегментации в маркетинге электронной почты.

Согласно последним данным «*MailChimp*», сегментированные кампании получают на 14,64 % больше посещений и на 59,99% больше кликов по сравнению с несегментированными кампаниями. Как известно, *Email*-маркетинг крайне важен для любого бизнеса, а в сочетании с дизайном вашего сайта он может помочь вам генерировать более эффективные письма. Для достижения этой цели анализ сегментации email-маркетинга является отличным инструментом, который позволяет адаптировать письма в соответствии с интересами подписчиков. Получить эту информацию можно, основываясь на том, какие типы писем открывают и пересылают пользователи. А также на том, какие данные пользователи получают вашем сайте или на какие ссылки они переходят на странице сайта. Изучение того, с каким контентом работают пользователи, поможет повысить внимание потребителей и улучшить коммуникацию. Благодаря сегментации можно отправлять сообщения целевой группе, а кампании электронной почты будут более релевантными.

5 *A*/*B*-тестирование – один из примеров тестов, которые могут значительно повысить эффективность маркетинговых кампаний. Было замечено, что правильные A/B-тесты могут увеличить конверсию до 300 процентов (по данным *TruConversion*). С их помощью

можно оценить эффективность практически любых элементов – от поисковых объявлений до писем о продажах, что позволит увеличить эффективность ресурса, оптимизируя сегментацию пользователей и выявляя их паттерны поведения [8].

Пути использования предикативной аналитики с целью повышения эффективности интернет-ресурса. Бренды могут использовать предиктивную аналитику во многих случаях – от предсказания оттока клиентов до прогнозирования спроса. Модели постоянно учатся на новых данных, чтобы уточнять прогнозы. Предиктивная аналитика позволяет получить глубокое представление о вероятности будущего, что позволяет принимать стратегические бизнес-решения и предпринимать целенаправленные действия. В то время как описательная аналитика сосредоточена на том, чтобы сообщить, что произошло, а диагностическая аналитика исследует причины этого, предиктивная аналитика сосредоточена на том, что произойдет. Классификация моделей предиктивной аналитики включает в себя 4 основных типа.

Модели склонности показывают тенденцию клиента к совершению того или иного действия – например, к принятию предложения, отказу от товара/услуги и другим действиям.

Модели прогнозирования могут использоваться не только для внутренней системы инвентаризации, но и для *front-end CX* (*Customer Experience*). Возможность прогнозировать спрос, трафик, персонал и т. д. может привести к улучшению *CX*, обеспечивая выделение соответствующих ресурсов.

Оптимизационные модели могут принимать различные формы – с использованием политик контактов и бизнес-ограничений для понимания компромиссов. Например, какое оптимальное количество сообщений следует отправить при определенном бюджете? Как оптимизировать контакты с клиентами? Когда наступает насыщение клиентов определенным сообщением - и через какие промежутки времени?

Модели прогнозирования оттока клиентов, важны для организаций, которые должны поддерживать определенную клиентскую базу или уровень спроса. Понимание того, что клиент близок к оттоку или выходу из бизнеса, может привести к изменению коммуникаций и взаимодействий – для удержания или для малоценных клиентов/сегментов – для того, чтобы отток произошел [9].

Существует множество способов, с помощью которых компании используют предиктивную аналитику для персонализации своих сайтов, рассмотрим наиболее известные методы.

1 Анализ данных о посещаемости веб-сайта: анализируя данные о посещаемости, компании могут получить представление о том, как клиенты взаимодействуют с их веб-сайтом. Это может включать информацию о наиболее посещаемых страницах, продолжительности времени, проведенного на сайте, и путях, по которым пользователи проходят через сайт (*Customer Journey*). Это может дать ценные сведения о том, чем интересуются клиенты и как они предпочитают потреблять контент.

2 Анализ демографических данных клиентов: исследуя демографические данные клиентов, становится возможным получить более полное представление о своей целевой аудитории. Это может включать информацию о таких факторах, как возраст, пол, местоположение и уровень дохода. Такого рода данные помогают компаниям адаптировать свои маркетинговые усилия и персонализировать работу сайта, чтобы лучше соответствовать потребностям и предпочтениям целевой аудитории.

3 Анализ истории покупок: анализируя данные об истории покупок, компании могут лучше понять, какими товарами или услугами интересуются их клиенты, а также как часто они совершают покупки и сколько тратят. Это способствует выявлению тенденций и закономерностей в поведении покупателей и принятию более обоснованных решений о том, как продвигать и обслуживать своих клиентов.

4 Персонализированные рекомендации по продуктам: изучая данные об истории посещений и покупок клиентов, компании могут использовать предиктивную аналитику для создания персонализированных рекомендаций продуктов для отдельных пользователей. Модели предиктивной аналитики генерируют ранжированные списки рекомендуемых продуктов для каждого покупателя, которые затем фильтруются и оптимизируются, прежде чем предоставить лучшие персонализированные рекомендации каждому отдельному покупателю через каналы бренда. Целью предиктивной аналитики в этом отношении является предоставление высоко релевантных рекомендаций по продуктам, которые учитывают уникальные интересы, историю и предпочтения каждого клиента, чтобы повлиять на покупательское поведение.

5 Предотвращение оттока клиентов.

Предиктивная аналитика использует такие методы, как логистическая регрессия, деревья решений и нейронные сети, для анализа исторических данных о клиентах и разработки сложных моделей, которые предсказывают вероятность оттока каждого клиента. Эти модели прогнозирования выявляют клиентов с высокой степенью риска и иллюстрируют ключевые факторы оттока для различных сегментов. Используя эти практические данные, бренды могут развернуть целевые проактивные кампании по удержанию, направленные на устранение конкретных рисков оттока и мотивов для ценных клиентов, входящих в группу риска. Предиктивная аналитика также позволяет оптимизировать модели оттока и стратегии удержания, отслеживая взаимодействие клиентов с персонализированными инициативами.

6 Анализ отношения к бренду: отслеживание отзывов в Интернете и социальных сетях, помогают определить мнение клиентов. Знание того, что потребители думают о бренде, поможет разработать лучшие маркетинговые планы и продукты.

7 Таргетированная реклама: предиктивная аналитика может использоваться для определения типов продуктов и услуг, которые могут заинтересовать клиента, и показа ему целевой рекламы, основанной на этих интересах.

8 Использование алгоритмов машинного обучения: алгоритмы машинного обучения могут использоваться для анализа больших объемов данных и выявления закономерностей и тенденций, которые могут быть не сразу очевидны для человека. Используя такие алгоритмы, компании получают полное представление о своих клиентах и могут сделать более точные прогнозы относительно их будущего поведения.

9 Исследование особенностей потребления контента: алгоритмы машинного обучения могут быть использованы для отслеживания характера изучения информационного контента своей аудиторией. Анализируя время, проведенное на различных статьях, типы контента, которым чаще всего делятся или комментируют, а также навигационные схемы, информационный портал может глубже понять предпочтения своих читателей [10].

Тенденции развития *Advanced Analytics* в сфере *SEO*. Рассматривая возможности использования предиктивной аналитики в сфере *SEO*, стоит отметить, что она способна помочь компаниям прогнозировать тенденции и принимать решения на основе данных. По мере того, как модели машинного обучения становятся все более сложными и доступными, они совершают развитие в *SEO* различными способами.

Создание ссылок – важнейший аспект *SEO*, где качество обратных ссылок зачастую имеет большее значение, чем их количество. Предиктивная аналитика может анализировать множество факторов, таких как авторитетность домена, релевантность содержания страницы, на которую ссылаются, размещение ссылки на странице и якорный текст, чтобы предсказать потенциальную ценность обратной ссылки. Модель может предсказать потенциальную ценность будущих обратных ссылок из аналогичных источников или контекста контента. Этот прогноз позволяет сайту электронной

коммерции сосредоточить усилия на приобретении высокоценных обратных ссылок, тем самым оптимизируя стратегию построения ссылочного профиля на основе данных. В результате сайт может повысить свой рейтинг в поисковых системах более эффективно и результативно.

Техническое *SEO* подразумевает оптимизацию сайта таким образом, чтобы поисковые системы могли эффективно его просматривать и индексировать. Это улучшает скорость загрузки сайта, обеспечивает удобство для мобильных устройств и создает хорошо структурированную карту сайта. Предиктивная аналитика может помочь и в этих аспектах технического *SEO*. Например, модель машинного обучения может проанализировать, как различные технические факторы, такие как скорость загрузки сайта, мобильная оптимизация и структура сайта, влияют на рейтинг сайта в поисковых системах. Затем она способна предсказать, как изменения в этих технических факторах могут повлиять на будущие *SEO*-показатели сайта. Модель может предсказать, что уменьшение времени загрузки сайта на определенную величину может значительно улучшить его рейтинг в поисковых системах. Вооружившись этим, специалист сможет расставить приоритеты в отношении скорости загрузки ресурса.

Одна из будущих возможностей – автоматизация принятия *SEO*-решений в режиме реального времени. Модели машинного обучения могут анализировать потоки данных, такие как тенденции поиска в реальном времени, поведение пользователей на сайте и *SEO*-стратегии конкурентов, чтобы делать немедленные прогнозы и рекомендации. Это позволит компаниям реагировать на *SEO*-возможности и проблемы по мере их возникновения, а не полагаться на периодический анализ и обновление стратегии.

Помимо этого, предиктивная аналитика может сыграть ключевую роль и в *SEO*-технологиях голосового поиска. Поскольку голосовой поиск становится все более распространенным, можно говорить о том, что компаниям необходимо будет оптимизировать свой контент под запросы голосового поиска. Предиктивная аналитика может помочь проанализировать тенденции данной сферы и поведение пользователей, чтобы предсказать эффективные стратегии и способствовать эффективному продвижению бизнеса [11].

Применение технологий *Big Data* и *Advanced Analytics* в сфере персонализации интернет-ресурса крупнейшими e-commerce компаниями. Компании постоянно продолжают искать способы лучше понимать и привлекать своих клиентов, пытаясь создать персонализированный и релевантный опыт для пользователей и более глубокое понимание для компаний. Некоторые примеры использования данных технологий в этой области включают:

Система рекомендаций по покупкам «*Amazon*». Лидер в электронной коммерции «*Amazon*» освоил систему рекомендаций, состоящую из довольно простой функциональности. Алгоритм основан на истории покупок пользователя, товарах, которые он уже положил в корзину, товарах, которые он оценил или которые ему понравились в прошлом, а также на том, что недавно было просмотрено или куплено другими покупателями. По имеющимся данным, более 35 % всех продаж на «*Amazon*» обеспечиваются рекомендательной системой, что свидетельствует о важности её внедрения.

Основная причина создания рекомендательной системы заключается в решении «проблемы длинного хвоста» (*Long Tail*) – того факта, что редкие или малоизвестные товары часто не ищут, и поэтому они не приносят дохода. Рекомендуя покупателям такие товары можно значительно повысить рентабельность инвестиций в медленно продвигающиеся объявления электронной коммерции.

Объединение онлайн- и офлайн-шопинга в *Nordstrom*. Этот ритейлер освоил использование больших данных для объединения онлайн- и офлайн- покупок.

Маркетинговая команда «Nordstom» отслеживает так называемые «пины» на «*Pinterest*», чтобы определить, какие товары являются трендовыми, а затем использует эти данные для продвижения нужных товаров в своих физических магазинах. Более 30 % бюджета «*Nordstom*» тратится на технологии. Для разработки и тестирования продуктов была создана «*Nordstrom Innovation Lab*», расположенная в Сиэтле. Кроме того, «*Nordstom*» устанавливает интерактивные сенсорные экраны в примерочных, чтобы покупатели могли заказывать товары и просматривать запасы онлайн.

Музыкальный стриминговый сервис «*Spotify*» использует данные о привычках пользователей, чтобы создавать персонализированные плейлисты и рекомендовать новую музыку. Это помогает компании удерживать пользователей и повышать вовлеченность [12].

Использование данных программы лояльности для адаптации пользовательского опыта *d* «*Hello, Gorgeous*!». Чтобы повысить вовлеченность и снизить количество отказов, крупный розничный продавец косметики использует данные *CRM* для индивидуальной коммуникации по статусу участника программы лояльности.

Предоставление персонализированного содержимого главной страницы. Для предоставления релевантных рекомендаций по товарам крупная розничная компания по продаже драгоценных металлов создала аудитории на основе собственных данных, полученных от первых лиц. Используя стратегию, основанную на привязанности, каждый посетитель получает наиболее релевантные рекомендации по товарам в верхней части главной страницы.

Разработка персонализированных целевых страниц на основе поведения пользователей «*AirNow*». Ведущая компания по защите пассажиров авиакомпаний персонализирует и оптимизирует все свои посадочные страницы, предлагая варианты на основе истории посещений, геолокации, кампании, на которую ссылается пользователь, времени суток и другое [5].

Заключение. Существуют сотни примеров персонализации веб-сайтов для повышения конверсии, средней стоимости заказа (*AOV*), валовой прибыли и других важных показателей с помощью применения инструментов *Big Data* и *Advanced Analytics*. Преимущества персонализации очевидны. По данным *McKinsey*, подобный опыт привел к снижению затрат на привлечение клиентов на 50 %, увеличению выручки на 5-15 % и повышению эффективности маркетинговых расходов до 30 %.

В условиях жесткой конкуренции в индустрии электронной коммерции персонализация не просто позволяет выделить бизнес - она практически необходима. 86 % потребителей утверждают, что персонализация играет важную роль в принятии ими решений о покупке. 87 % покупателей отметили, что, когда интернет-магазины персонализируют процесс покупки, они совершают больше покупок. Как было сказано ранее, *Big Data* могут помочь, предоставляя информацию о поведении и демографических характеристиках покупателей, что полезно для создания персонализированного опыта.

Big Data позволяет анализировать большие объемы информации, собираемой о пользователях при взаимодействии с сайтом, что помогает выявлять паттерны поведения, предпочтения и интересы аудитории. *Advanced Analytics* позволяет на основе этих данных создавать персонализированные рекомендации, предлагать уникальный контент и оптимизировать пользовательский интерфейс. Таким образом, применение *Big Data* и *Advanced Analytics* для персонализации сайта не только улучшает пользовательский опыт, но также способствует повышению конверсии, увеличению продаж и улучшению маркетинговых стратегий бизнеса.

Список литературы

[1] The impact of website personalization on user experience: [Электронный ресурс]. URL: https://abmatic.ai/blog/impact-of-website-personalization-on-user-experience. (Дата обращения: 15.01.2024).

[2] How to Predict Consumer Behavior with Big Data and AI in 2024 [Электронный ресурс]. URL: https://invidgroup.com/how-to-predict-consumer-behavior-with-big-data-and-ai-in-2024/ (Дата обращения: 14.01.2024).

[3] Big Data in E-Commerce: Explanation and Use Cases [Электронный ресурс]. URL: https://blog.lengow.com/price-intelligence/big-data-in-e-commerce-explanation-and-use-cases/ (Дата обращения: 19.01.2024).

[4] The importance of gathering data for website personalization [Электронный ресурс]. URL: https://abmatic.ai/blog/importance-of-gathering-data-for-website-personalization (Дата обращения: 19.01.2024).

[5] Website personalization strategy and best practices, with examples [Электронный ресурс]. URL: https://www.dynamicyield.com/lesson/web-personalization/ (Дата обращения: 16.01.2024).

[6] Big Data in E-commerce: Personalizing Shopping Experiences at Scale [Электронный ресурс]. URL: https://www.amplework.com/blog/big-data-in-e-commerce-personalizing-shopping/ (Дата обращения: 17.01.2024).

[7] The Key to Wielding Big Data in Ecommerce to Build Personalized Experiences and Improve Retention [Электронный ресурс]. URL: https://www.bigcommerce.com/blog/ecommerce-big-data/ (Дата обращения: 14.01.2024).

[8] Top 5 ways to use Big Data to improve your Website Design [Электронный ресурс]. URL: https://datafloq.com/read/top-5-ways-to-use-big-data-to-improve-your-website/ (Дата обращения: 18.01.2024).

[9] Using Predictive Analytics to Improve Customer Retention [Электронный ресурс]. URL: https://www.cmswire.com/customer-experience/using-predictive-analytics-to-improve-customer-retention/ (Дата обращения: 15.01.2024).

[10] The role of predictive analytics in website personalization [Электронный ресурс]. URL: https://abmatic.ai/blog/role-of-predictive-analytics-in-website-personalization (Дата обращения: 14.01.2024).

[11] Using Predictive Analytics And Machine Learning For Engaging Content [Электронный ресурс]. URL: https://www.forbes.com/sites/forbesbusinesscouncil/2023/07/26/using-predictive-analytics-and-machine-learning-for-engaging-content/?sh=7e489fe6499d (Дата обращения: 19.01.2024).

[12] Top 7 examples of big data retail personalization [Электронный ресурс]. URL: https://crayondata.ai/7-examples-of-big-data-retail-personalization/ (Дата обращения: 18.01.2024).

Авторский вклад

Авторы внесли равноценный вклад.

THE ROLE OF BIG DATA AND ADVANCED ANALYTICS TOOLS IN IMPROVING THE EFFECTIVENESS OF E-COMMERCE WEBSITES

O.N. Shkor
Senior Lecturer at the Department of Economics of BSUIR

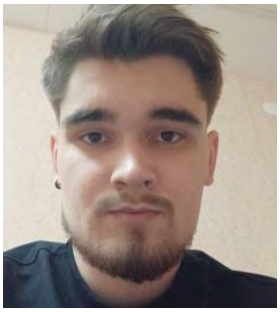
E.V. Kotovich
Student of BSUIR

Abstract. This article is an overview of modern Big Data and Advanced Analytics tools and their impact on improving the effectiveness of an e-commerce website. The article discusses the use of Big Data analytics to optimize e-commerce processes such as analyzing consumer behavior, customer segmentation, forecasting and assessing the market situation, as well as retaining and increasing customer loyalty and using these tools to create relevant content. The article provides examples of successful application of these technologies by large retail companies and future development trends.

Keywords: Big Data, predicative analytics, e-commerce, e-commerce, marketing, website personalization, content.

УДК 681.5

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ НА БАЗЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА STM32



Г.Р. Ипатов
Студент кафедры информационных радиотехнологий БГУИР,
germanipatov6@gmail.com

Т.Н. Дворникова
Старший преподаватель кафедры информационных радиотехнологий БГУИР, магистр технических наук
dvornikova@bsuir.by

Г.Р. Ипатов
Студент кафедры информационных радиотехнологий БГУИР. Область научных интересов связана с программированием микроконтроллеров.

Т.Н. Дворникова
Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с программированием встраиваемых систем, исследованием быстрого преобразования корректирующих кодов.

Аннотация. Передовые технологии встраиваемых систем, которые позволяют автоматизировать бытовые задачи, стремительно развиваются с каждым днем. Автоматизированная система управления на базе микроконтроллера *STM*32 реализована в виде лабораторного макета для дисциплины «Встраиваемые системы», а также разработан алгоритм функционирования системы. Разработка актуального и востребованного лабораторного оборудования дает возможность познакомиться студентам с новейшими технологиями встраиваемых и киберфизических систем, а также является важным аспектом обеспечения качественной подготовки высококвалифицированных специалистов.

Разработанная Автоматизированная система управления в виде лабораторного макета может быть использована в учебном процессе для изучение дисциплины «Встраиваемые системы», а кроме того, как решение в системах умного дома.

Ключевые слова: *MQTT*-протокол, встраиваемые системы, технические требования, схема электрическая структурная, схема электрическая функциональная, схема электрическая принципиальная, микроконтроллер.

Введение. Передовые технологии встраиваемых систем, которые позволяют автоматизировать бытовые задачи, стремительно развиваются с каждым днем. В связи с этим у пользователей появилась возможность управлять и контролировать электрические устройства дистанционно.

В настоящее время наиболее актуальным и перспективным направлением развития технологий во встраиваемых системах является технология *IoT (Internet of Things)*, которая нашла свое применение в комплексных системах управления, как «умный дом».

В связи с быстрым расширением функций и областей применения встраиваемых систем, использование широкой номенклатуры современных микропроцессоров и микроконтроллеров, а также возрастание роли и сложности программного обеспечения для встраиваемых систем, разработка автоматизированной системы управления является актуальной задачей. В работе предлагается лабораторный макет автоматизированной системы управления на базе микроконтроллера семейства *STM*32 производства *STMicroelectronics*.

Разработка дает возможность сделать процесс обучения более интересным, повысить практические навыки программирования, а также познакомиться с новейшими технологиями автоматизированных встраиваемых систем.

Описание принципа работы автоматизированной системы управления на базе микроконтроллера *STM*32. Основой автоматизированной системы управления, выполненной в виде макета, являются отладочная плата на базе микроконтроллера *STM*32*F*103*C*8*T*6 и модуль *Wi-Fi ESP*8266.

Отладочная плата – макетная плата, которая предоставляет широкий спектр экспериментов по созданию встраиваемых устройств на основе микроконтроллера *STM*32.

К основным достоинствам отладочной платы на базе микроконтроллера *STM*32*F*103*C*8*T*6 относятся:

– обеспечение требуемой эффективности;

– широкий спектр реализуемых задач;

– возможности подключения различных устройств ввода/вывода;

– стандартные интерфейсы для подключения вспомогательных модулей.

На рисунке 1 представлено изображение отладочной платы на базе микроконтроллера *STM*32*F*103*C*8*T*6.

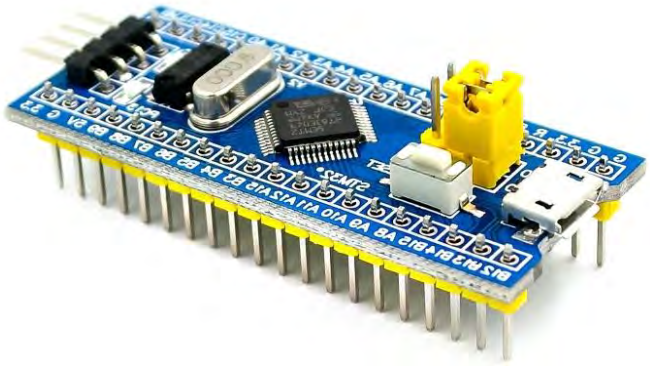


Рисунок 1. Отладочной плата на базе микроконтроллера *STM*32*F*103*C*8*T*6

В автоматизированной системе управления модуль *Wi-Fi ESP*8266 организует беспроводную связь по интерфейсу *Wi-Fi*, обеспечивая возможность дистанционного управления и сбора данных о текущем состоянии системы.

К основным достоинствам модуля *ESP*8266 относятся:

– встроенные возможности для обработки и хранения данных;

– порты ввода-вывода, которые позволяют объединить модуль с различными датчиками и другими специальными устройствами, нуждающимися в сетевом обмене

данными.

На рисунке 2 представлено изображение модуля *Wi-Fi ESP*8266.

Рисунок 2. Модуль *Wi-Fi ESP*8266

Автоматизированная система управления реализована в виде лабораторного макета, имеющего комплектацию, которая позволяет использовать его в рамках учебной дисциплины «Встраиваемые системы».

Схема электрическая структурная лабораторного макета состоит из 13 блоков. Она представлена на рисунке 3.

Микроконтроллер является основным блоком отладочной платы. В микроконтроллер загружается исполняемая программа через программатор.

*ST-LINK/V*2 – внутрисхемный программатор/отладчик для микроконтроллеров серии *STM*32 производства фирмы *STMicroelectronics*. Программатор подключается к программному обеспечению, и с его помощью загружает код программы в микроконтроллер.

Имеется возможность подключить программатор к иным отладочным платам на базе микроконтроллеров на базе ядра *STM*32 посредством выходного отладочного интерфейса.

Устройство индикации является пользовательским устройством отображения и может быть задействована для любого рода задач.

Кнопка сброса – кнопка очистки памяти. При нажатии осуществляется сброс параметров микроконтроллера отладочной платы к изначальным настройкам.

С помощью модуля *Wi-Fi ESP*8266 осуществляется беспроводная связь отладочной платы *STM*32 с устройством управления и отображения информации. В рамках автоматизированной системы управления *ESP*8266 выступает в роли адаптера.

Пользовательская программа загружается в модуль через преобразователь, который преобразует компьютерный интерфейс в последовательный.

Интерфейсы для программирования автоматизированной системы управления на базе микроконтроллера STM32. На рисунке 3 представлено расположение выводов отладочной платы относительно разъемов, а также интерфейсы взаимодействия.

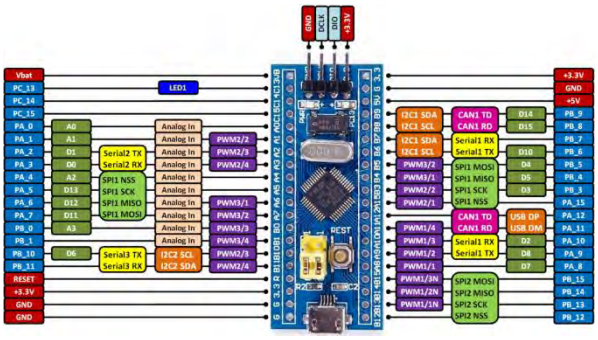


Рисунок 3. Расположение выводов и интерфейсы в отладочной плате на базе *STM*32

Метод программирования последовательных конфигурационных постоянных запоминающих устройств, который осуществляется через интерфейс *JTAG*, что упрощает процесс отладки. Программа микроконтроллера, разработанная в программном обеспечении на персональном компьютере, поступает через интерфейс *mini-USB*, после чего программатор подключается к микроконтроллеру на плате, либо через *SWD*-интерфейс к иному устройству. Для программирования и отладки по интерфейсу *SWD* используются следующие выводы микроконтроллера:

– *SWDIO – Serial Wire Data Input/Output;*
– *SWCLK – Serial Wire Clock;*

Линии интерфейса имеют внутреннюю подтяжку, поэтому нет необходимости устанавливать внешние резисторы.

Имеется возможность подключить программатор к иным отладочным платам на базе микроконтроллеров на базе ядра *STM*32 посредством выходного отладочного интерфейса.

Светодиодная индикация состоит из пользовательского светодиода и индикатора питания. Они подключены напрямую к информационным выводам микроконтроллера.

Кнопка сброса представляет собой кнопку очистки памяти. При необходимости ее можно перепрограммировать на иное использование.

Для взаимодействия светодиодной индикации и кнопки сброса с контроллером используется интерфейс ввода/вывода общего назначения (*general-purpose input/output, GPIO*), который осуществляет прямое подключение компонентов к контроллеру.

Вторым блоком в функциональной схеме лабораторного макета является модуль *Wi-Fi*, который реализован на микроконтроллере *ESP*8266, тактовая частота которого составляет 80 МГц, возможно программное переключение в режим 160 МГц. Система может легко работать как операционная система реального времени (*RTOS*). Микроконтроллер может взаимодействовать с остальными частями чипа через интерфейсы: программируемый *RAM/ROM* интерфейс (*iBus*), соединенный с контроллером памяти и имеющий доступ к внешней *flash*-памяти; интерфейс памяти данных (*dBus*), соединенный с контроллером памяти.

Модуль *Wi-Fi ESP*8266 имеет также периферийные интерфейсы, такие как *SPI, UART, I*2*C*, *I*2*S.*

На рисунке 4 представлено расположение выводов *ESP*8266 относительно разъемов, а также интерфейсы взаимодействия.

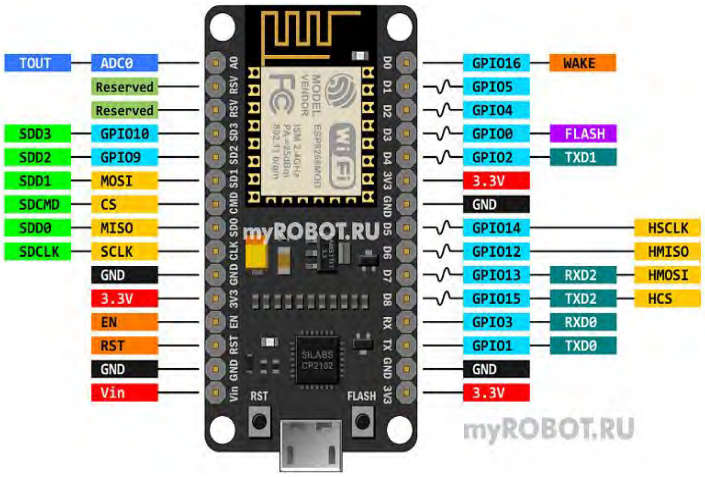


Рисунок 4. Расположение выводов и интерфейсы в *ESP*8266

Интерфейс *I2C* – последовательная асимметричная шина. Он используется для подключения датчиков и периферийных устройств. *ESP*8266 не имеет аппаратных выводов *I2C*, но интерфейс можно реализовать программно. Поддерживаются как *I2C Master*, так и *I2C Slave*. В качестве контактов *I2C* используются выводы *GPIO5: SCL и GPIO4: SDA.*

Программа, разработанная в программном обеспечении на персональном компьютере, поступает через интерфейс *mini-USB,* после чего преобразуется в переходнике *USB-UART*, который осуществляет преобразование компьютерного интерфейса *USB* в последовательный интерфейс *UART.*

UART (Universal Asynchronous Receiver-Transmitter) – асинхронный последовательный интерфейс. У контроллера *ESP*8266 два модуля *UART.* Один из которых устанавливает связь с отладочной платой на базе микроконтроллера *STM32F103C8T6* по шине *UART,* а другой – для загрузки кода по последовательной связи.

Светодиодная индикация включает в себя два светодиода. Один из них используется для индикации рабочего состояния *Wi-Fi,* другой – для индикации состояния связи между устройством и сервером.

Кнопка сброса предназначена для сброса контроллера *ESP*8266*,* кнопка *Flash* – для загрузки новой программы в модуль.

Для поддержания различных функций светодиодов и кнопок используется интерфейс ввода-вывода общего назначения (*GPIO*). Каждый *GPIO* являются двунаправленным и неинвертированным, имеет внутренние подтяжки на напряжение питания или на землю, и может быть переведен в состояние с высоким импедансом. Когда *GPIO* сконфигурирован как вход, входные значения могут быть прочитаны из регистров. Вход также может быть использован как источник прерываний по уровню или перепаду напряжения.

Запоминающее устройство представлено в виде *Flash*-памяти, объем которой составляет 32 Мбит. *Flash*-память используется для хранения пользовательских программ. Программа переноситься в оперативную память с помощью интерфейса *SPI.*

SPI (Serial Peripheral Interface) – последовательный периферийный интерфейс. *ESP*8266 имеет два *SPI (SPI и HSPI)* в ведущем и подчиненном режимах.

Приемо-передающий модуль включает в себя *Wi-Fi*-антенну. Она представляет собой радиотехническое устройство для приема и передачи сигналов беспроводного интернета. Приемопередатчик работает в диапазоне 2,4 ГГц. В нем реализован полный 802.11 *b/g/n* протокол.

Данные с *Wi-Fi*-антенны передаются по беспроводному интерфейсу *Wi-Fi* в устройство управления и отображения состояния системы, и наоборот.

Разработка программной части автоматизированной системы управления. Для построения встраиваемых систем используются аппаратные и программные средства. В процессе создания этапы проектирования и разработки неотделимы друг от друга. Решение конечной задачи достигается путем нахождения компромисса в выборе проектной платформы и среды разработки.

Проектные платформы, использующиеся для создания встраиваемых систем, определяют процесс проектирования и разработки. Широко используемыми в производстве платформами можно назвать промышленные персональные компьютеры, микроконтроллеры, сигнальные процессоры, программно-аппаратные комплексы и контроллеры с программируемой логикой, программируемые логические интегральные схемы и сверхбольшие интегральные схемы программируемой логики.

Одним из важнейших критериев при создании встраиваемых систем является выбор среды программирования.

*STM*32*CubeMX* представляет собой графический инструмент, который позволяет легко конфигурировать микроконтроллеры и микропроцессоры производства *STM*32, а также генерировать соответствующий *C*-код инициализации для ядра *ARM Cortex-M* или *ARM Cortex-A*. Его плюсы: простота, совместимость, возможность создание дополнительных пакетов расширений.

Для программирования был выбран язык Си (с англ. *C*), потому что он близко сопоставляется типичным машинным инструкциям, благодаря чему он нашёл применение в проектах, для которых был свойственен язык ассемблера, в том числе как в операционных системах, так и в различном прикладном программном обеспечении для множества устройств – от суперкомпьютеров до встраиваемых систем.

Его компиляторы разрабатываются сравнительно легко, поэтому данный язык доступен на самых различных платформах.

Программирование и разработку на языке *C* поддерживают и устройства компании *STMicroelectronics*.

Для написания программного кода для микроконтроллера *ESP*8266 используется программное обеспечение *Visual Studio Code.* Благодаря большому количеству многоплатформенных и кросс-архитектурных инструментов *Visual Studio Code* активно используется для написания программного обеспечения для встраиваемых систем. Одним из этих инструментов является *PlatformIO*.

PlatformIO включает в себя утилиту командной строки, через которую можно запускать компиляцию и загрузку программ на несколько семейств микроконтроллеров *(Atmel AVR, Atmel SAM, ST STM*32, *TI MSP*430 и другие). При этом поддерживаются

разные наборы библиотек (*frameworks*): *Arduino, Energia, mbed*, а также нативный код для *Atmel AVR, espressif, MSP*430.

Использована библиотека *HAL* (*Hardware Abstraction Layer*, с англ. слой аппаратных абстракций) встроенное программное обеспечение уровня абстракции *STM*32*Cube HAL. HAL API* доступны для всех периферийных устройств, низкоуровневые *API* (*application programming interface*, с англ. интерфейс прикладного программирования), предлагающие быстрый и легкий уровень, ориентированный на экспертов, который ближе к конфигурируемому оборудованию, чем *HAL*, универсальные *API*, которые предоставляют общие и универсальные функции для всех серий *STM*32.

Уровень *HAL* предоставляет простой универсальный набор *LL* (*low-layer*, с англ. низкоуровневые) *API* для взаимодействия с верхним уровнем программирования (приложением, иными библиотеками и стеками).

Использованные библиотеки и API упрощают реализацию пользовательских приложений, реализуют обнаружение сбоев во время выполнения путем проверки входных значений всех функций.

При программировании автоматизированной системы управления используется библиотека, которая отображает прием и передачу данных по *MQTT* протоколу.

MQTT – это протокол обмена данными между издателями и подписчиками, который был разработан специально для технологии интернета вещей (*IoT*). В основе протокола *MQTT* лежит идея пересылки небольших сообщений, например показаний датчиков, между устройствами.

```
void UART_MQTT_init(void);
void UART_MQTT_Check_net(void);
void UART_MQTT_Send_data_bool(uint8_t VARIABLE_ID, bool data, uint8_t *tx_buffer);
void UART_MQTT_Send_data_int8_t(uint8_t VARIABLE_ID, int8_t data, uint8_t *tx_buffer);
void UART_MQTT_Send_data_uint8_t(uint8_t VARIABLE_ID, int8_t data, uint8_t *tx_buffer);
void UART_MQTT_Send_data_int16_t(uint8_t VARIABLE_ID, int16_t data, uint8_t *tx_buffer);
void UART_MQTT_Send_data_uint16_t(uint8_t VARIABLE_ID, uint16_t data, uint8_t *tx_buffer);
void UART_MQTT_Send_data_int32_t(uint8_t VARIABLE_ID, int32_t data, uint8_t *tx_buffer);
void UART_MQTT_Send_data_uint32_t(uint8_t VARIABLE_ID, uint32_t data, uint8_t *tx_buffer);
void UART_MQTT_Send_data_float(uint8_t VARIABLE_ID, float data, uint8_t *tx_buffer);
bool UART_MQTT_Receive_data_bool(uint8_t *rx_buffer);
int8_t UART_MQTT_Receive_data_int8_t(uint8_t *rx_buffer);
uint8_t UART_MQTT_Receive_data_uint8_t(uint8_t *rx_buffer);
int16_t UART_MQTT_Receive_data_int16_t(uint8_t *rx_buffer);
uint16_t UART_MQTT_Receive_data_uint16_t(uint8_t *rx_buffer);
int32_t UART_MQTT_Receive_data_int32_t(uint8_t *rx_buffer);
uint32_t UART_MQTT_Receive_data_uint32_t(uint8_t *rx_buffer);
float UART_MQTT_Receive_data_float(uint8_t *rx_buffer);
bool UART_MQTT_Checksumm_validation(uint8_t *rx_buffer);
void UART_MQTT_Receive_Callback(void);
```

Передача и прием данных по *MQTT* протоколу на языке *C* представлены на рисунке 5.

Рисунок 5. Передача и прием данных по *MQTT* протоколу

Далее, написанный файл библиотеки *.h* (в рассматриваемом случае это *uart_mqtt_lib.h*), добавляется директивой *#include* в библиотеку *.c*, в которой при помощи рассмотренных ранее указаний, пишутся функции передачи данных по *MQTT* протоколу. Пример передачи переменной *bool* представлен на рисунке 6.

```
/*Отправка bool в массив*/
/// \param VARIABLE_ID - номер переменной (должен совпадать на передающем и принимающем устройстве)
/// \param data - переменная, которую следует отправить
/// \param *tx_buffer - буфер, который используется для отправки
void UART_MQTT_Send_data_bool(uint8_t VARIABLE_ID, bool data, uint8_t *tx_buffer) {
	tx_buffer[0] = 0xFF;
	tx_buffer[1] = VARIABLE_ID;
	tx_buffer[2] = 0x01;
	tx_buffer[3] = 0x0;
	tx_buffer[4] = 0x0;
	tx_buffer[5] = 0x0;
	tx_buffer[6] = data;
	uint16_t CRC_tx_buffer = (~(tx_buffer[1] + tx_buffer[2] + tx_buffer[3] + tx_buffer[4] + tx_buffer[5] + tx_buffer[6])) + 1;
	tx_buffer[7] = CRC_tx_buffer >> 8;
	tx_buffer[8] = CRC_tx_buffer;
	if (huart_used.gState != HAL_UART_STATE_BUSY_TX) {
		HAL_UART_Transmit_IT(&huart_used, tx_buffer, 9);
	}
```

Рисунок 6. Передача переменной *bool*

Заключение. Автоматизированная система управления в виде лабораторного макета на базе микроконтроллера *STM*32 для дисциплины «Встраиваемые системы», отвечает требованиям учебной программы.

Совместное использование *STM*32 и *ESP*8266 снижает затраты на реализацию лабораторного макета за счет интеграции нескольких решений для подключения в один модуль. Тщательное разделение программного обеспечения позволяет решать проблемы с подключением и программными ограничениями в режиме реального времени в одном модуле.

С помощью разработанного лабораторного макета автоматизированной системы управления на базе микроконтроллера *STM*32 можно создать прототип умного дома, который решает конкретные задачи пользователей.

Список литературы

[1] Предко М. Руководство по микроконтроллерам: В 2-х т. – Пер. с англ. – М.: Постмаркет, 2001. – Т. 1 – 415с., – Т. 2 – 487 с.

[2] Керниган Брайан У. Язык программирования *C* / Ритчи Деннис М., Керниган Брайан У. – М.: Вильямс, 2017. – 288с.

[3] STM32F103x6 [Электронный ресурс]: *Datasheet* / *STMicroelectronic* – Режим доступа: *stm32f103c8t6.pdf.*

Авторский вклад

Дворникова Татьяна Николаевна – постановка задачи исследования, руководство разработкой автоматизированной системы управления на базе микроконтроллера STM32.

Ипатов Герман Романович – написание программного кода, формирование структуры статьи.

AUTOMATED CONTROL SYSTEM BASED ON STM32 MICROCONTROLLER

G.R. Ipatov
Student of the Information Radio Technologies Department of BSUIR

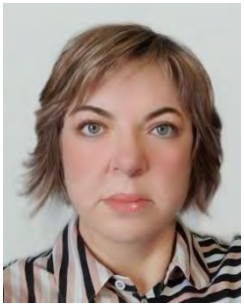
T.N. Dvornikova
Senior lecturer of the Information Radio Technologies Department of BSUIR, Master of Technical Sciences

Abstract. Advanced technologies of embedded systems, which allow automating household tasks, are rapidly developing with each day. An automated control system based on the microcontroller STM32 is implemented as a laboratory prototype for the «Embedded Systems» discipline, as well as an algorithm of system functioning is developed. Developing up-to-date and in-demand laboratory equipment allows students to get acquainted with the latest technologies of embedded and cyber-physical systems, and is an important aspect of ensuring high-quality training of highly qualified specialists.

Keywords: MQTT architectures, technical requirements, electrical schematic structural, electrical schematic functional, electrical schematic principal, microcontroller, embedded systems.

УДК 004.65

НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТАРИЯ BIG DATA НА РЫНКЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УСЛУГ



В.С. Князькова
Доцент кафедры менеджмента БГУИР,
кандидат экономических наук, доцент
knyazkova@bsuir.by

В.С. Князькова
Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем цифровизации и цифровой трансформации, оценки их экономической эффективности.

Аннотация. Современные информационные технологии позволяют получать, хранить, анализировать большое число данных, что может быть использовано агентами рынка образовательных услуг в целях максимизации социально-экономического эффекта. Исследованы факторы, влияющие на развитие *Big Data* на рынке образовательных услуг. Предложена базовая модель использования инструментария *Big Data* в учреждении образования.

Ключевые слова: *Big Data*, образование, образовательная платформа, рынок образовательных услуг.

Введение. Современные информационные технологии лежат в основе многих инноваций, которые направлены на повышение качества жизни людей, в том числе в таких важных направлениях, как бизнес, образование, безопасность, медицина. Развитие процессов информатизации привело одновременно и к увеличению числа людей, имеющих доступ к цифровым технологиям, и соответственно к использованию цифровых устройств во всем мире. Все это стало одним из катализаторов процессов генерации чрезвычайно больших объемов данных. Авторы подавляющего большинства публикаций, посвященных тематике больших данных, не упускают возможности поразить воображение читателя численными характеристиками объемов данных, генерируемых сегодня. На самом деле, эти цифры впечатляют. Так, к концу 2022 г. в мире было накоплено порядка 94 Збайт данных; каждую секунду в мире генерируется около 29 терабайт данных. По прогнозам к концу 2024 года будет накоплено 147 Збайт данных. Годовой прирост накопленных данных прогнозируется в размере 22-23% [1, 2].

Использование *Big Data* в образовании призвано предоставить в первую очередь информацию об учащихся, которая может помочь повысить эффективность образовательного процесса. Кроме того, *Big Data* также позволяют анализировать информацию об эффективности преподавателей, учебных планов и программ, а также в целом об эффективности учреждения образования.

Предпосылки использования *Big Data* в образовании. Вопросам определения понятия *Big Data*, их отличительных характеристик и основных направлений использования посвящено большое количество публикаций, например, [3]. И конечно же бизнес также стремится использовать данный инструментарий для повышения своей эффективности. *Big*

Data успешно используются в управлении городами, промышленными предприятиями, в медицине. К настоящему времени также имеют место кейсы успешного использования *Big Data* и в образовании.

Существует ряд факторов, которые способствуют и даже в некоторых случаях делают необходимым внедрение *Big Data* в образование.

Во-первых, в мире наблюдается существенный рост числа обучающихся на всех уровнях образования. По данным *Statista* численность обучающихся в начальной школе увеличилась в 1,13 раз с 654 млн чел в 2020 году до 738 в 2020 году; численность обучающихся в средней школе за аналогичный период увеличилась в 1,36 раз – с 452 млн чел в 2000 году до 614 млн в 2020 году. Данная тенденция привела к тому, что с 2016 года уровень грамотности среди молодежи (к им относятся лица в возрасте 15-24 года) и среди мужчин, и среди женщин превысил 90% (рисунок 1).

Рисунок 1. Численность обучающихся в начальной и средней школе в мире, млн. сел; уровень грамотности в мире, по полу, в %

Увеличение числа школьников, а также повышение уровня базовой грамотности ожидаемо привело к увеличению численности студентов. В мае 2022 года на Третьей Всемирной конференции ЮНЕСКО по высшему образованию обсуждалось новое видение процесса обучение на ближайшее десятилетие. Была также опубликована статистика, согласно которой в мире насчитывается порядка 235 миллионов студентов высших учебных заведений, причем за последние 20 лет их количество более чем удвоилось и, скорее всего, вновь удвоится в ближайшее десятилетие [4].

Таким образом, к настоящему времени сформировался огромный рынок образовательных услуг. Помимо «традиционных» его участников – школы, колледжи, университеты – на нем стали появляться и/или расти частные образовательные компании, которые в основном направлены на удовлетворение отдельных образовательных потребностей, например, изучение иностранного языка, языка программирования, а также помощь школьникам в освоении учебных программ. Та же *Statista* оценивает общемировой доход на рынке образования в 6,32 млрд долларов США в 2022 году. Ожидается, что до 2027 г. общий объем выручки будет демонстрировать ежегодный темп роста на уровне 10,49%, в результате чего объем рынка к 2027 году прогнозируется в размере 10,71 млрд долларов США.

Во-вторых, рынок образовательных услуг, как и остальные рынки, подвергся воздействию процессов цифровой трансформации [5]. Цифровая трансформация предполагает интеграцию цифровых технологий со всеми бизнес-процессами организации, фундаментальные изменения способов их реализации. Повсеместное внедрение цифровых технологий изменило нашу личную и профессиональную жизнь, в том числе то, как мы получаем и обрабатываем новую информацию, как мы учимся. Специалисты подсчитали, что каждую минуту в мире происходят следующие действия: посылается 241 млн электронных писем; 41,6 млн сообщений в *WhatsApp*; онлайн люди проводят 25,1 млн часов (человеко-часов); 6,3 млн поисковых запросов в *Google*; пользователи «лайкают» 4 млн

постов в *Facebook*; в *X* (*Twitter*) публикуется 360 тыс постов; загружается 6,06 тыс резюме в *LinkedIn*. Данная статистика дает понимание того, как возник феномен *Big Data*. В настоящее время предпринимаются попытки – и есть примеры весьма успешные кейсы – использовать большие данные для повышения эффективности всех бизнес-процессов организации, причем как коммерческих, так и некоммерческих. Возможность получения экономического эффекта делает инструментарий *Big Data* таким привлекательным с точки зрения его финансирования – так, рынок *Big Data* оценивается в 56 млрд долларов США по объему ежегодной выручки; в последние годы среднегодовой темп роста данного рынка составил порядка 14%.

Как было отмечено выше, цифровизация причудливым образом преобразует рынок образования, что уже привело к появлению таких направлений, как *EdTech*, «умный класс», МООК (массовые открытые онлайн курсы) и пр. На рынке важную роль начинают играть различные образовательные приложения. В дополнение к приведенной выше статистике отметим, что в 2022 году доход от покупок в приложениях на рынке образования составил более 3,5 млрд долларов США; доход от платных приложений составил 0,18 млрд долларов США; доходы от рекламы на рынке образования в 2022 году составил 2,60 млрд долларов США. Аналитики прогнозируют, что к 2028 году доход на рынке онлайн-образования значительно превысит доход на рынке «традиционного» оффлайн-образования и достигнет 185,20 млрд долларов США. Ожидается, что ежегодные темпы роста в период 2024-2028 гг. составят 8,61%, в результате чего прогнозируемый объем рынка к 2028 году составит 257,70 млрд долларов США. Все это привлекает на рынок крупных игроков, которые привносят на него лучшие практики из мира бизнеса и технологий, в том числе *Big Data*.

Использование инструментария *Big Data* в учреждении образования. Идея использовать *Big Data* в образовании уже не нова. Имеется ряд как теоретических публикаций, так и практических кейсов внедрения *Big Data* в образовательную деятельность, например [6–9]. Полагаем, что для интеграции и оптимизации существующих технических решений управления данными и информацией в учреждениях образования и в компаниях, оказывающих образовательные услуги, в целях получения высококачественных данных необходимо ориентироваться на т.н. интегративную платформу больших данных с функциями сбора, хранения и анализа данных. Общий алгоритм реализации инструментария *Big Data* в деятельности учреждения образования на базе такой платформы представлен на рисунке 2.

Рисунок 2. Модель использования инструментария *Big Data* в учреждении образования

Данная модель предусматривает работу учреждения образования с данными о преподавателях, студентах, научных исследованиях, финансовых показателях, данными о сотрудниках, непосредственно не занятых в учебном процессе (административный персонал, сотрудники методического отдела, отделов по работе с персоналом и пр.) и др. Практическая реализация данной модели при проектировании платформы позволят учреждениям образования в полной мере использовать свои собственные ресурсы, выстраивать эффективное взаимодействие как с потребителями услуг (обучающимися), так и с

заказчиками кадров (коммерческими и некоммерческими организациями), а также с государством. Данная модель будет способствовать максимально производительному использованию ресурсов основных стейкхолдеров, позволяя получать синергетический эффект от эксплуатации платформы, обработки, анализа и использования данных.

Заключение. Использование инструментария *Big Data* в образовательном процессе позволит учреждением образования выявлять паттерны, прогнозировать спрос и предсказывать тенденции на рынке образовательных услуг. Следует отметить, что использование больших данных в образовательном процессе также создает значительные вызовы, в первую очередь связанные с обеспечением безопасности и конфиденциальности данных. Предложенная модель использования инструментария *Big Data* в учреждении образования позволит участникам рынка получать, хранить и анализировать всю необходимую для эффективного управления образовательным процессом информацию, что в конечном счете позволит получить социально-экономический эффект всем акторам, участвующим на рынке образовательных услуг.

Список литературы

[1] 26 Stunning Big Data Statistics [2023]: Market Size, Trends, And Facts [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.zippia.com/advice/big-data-statistics. – Date of access: 25.01.2024.

[2] Big Data Statistics For 2024 (Growth, Market Size & More) [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.demandsage.com/big-data-statistics/. – Date of access: 25.01.2024

[3] Шаталова, В. В. Большие данные: как технологии Big Data меняют нашу жизнь / В. В. Шаталова Д. В. Лихачевский Т. В. Казак // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции, Минск, 19-20 мая 2021 года / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2021. – С. 188–192.

[4] Всемирная конференция ЮНЕСКО в Барселоне определит будущее высшего образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://news.un.org/ru/story/ – Дата доступа: 25.01.2024.

[5] Беляцкая, Т. Н. Экономическое содержание и инновационный фактор развития электронных рынков / Беляцкая Т. Н. // Наука и инновации. – 2021. – № 12(226). – С. 56–62. – DOI: https://doi.org/10.29235/1818-9857-2021-12-56-62.

[6] Stojanov, A. A decade of research into the application of big data and analytics in higher education: A systematic review of the literature / A. Stojanov, B. Daniel // Education and Information Technologies, 2023. – https://doi.org/10.1007/s10639-023-12033-8.

[7] Murumba, J. Big Data Analytics in Higher Education: A Review / J. Murumba, E. Micheni // The International Journal of Engineering and Science, 2017, Vol. 6, Is. 6, pp. 14–21. – DOI: 10.9790/1813-0606021421.

[8] Ширкина, Е.В. Data Driven как аналитика больших данных в образовании в условиях цифровизации / Е.В. Ширкина // Качество и жизнь, № 2, 2022, с. 57¬62. – DOI: 10.34214/2312-5209-2022-34-2-57-62.

[9] Wang, L. Analysis of Application of Big Data in College Education Management / L. Wang // Journal of Physics: Conf. Series 1314 (2019). – DOI:10.1088/1742-6596/1314/1/012220.

DIRECTIONS FOR USING BIG DATA TOOLS IN THE EDUCATION MARKET

V.S. Knyazkova
Associate Professor of the Department
of Management of BSUIR,
PhD of Economic Sciences,
Associate Professor

Abstract. Modern information technologies make it possible to receive, store, and analyze a large number of data, which can be used by agents of the education market in order to maximize the socio-economic effect. The factors influencing the development of Big Data in the education market have been studied. A basic model for using Big Data tools in an educational institution is proposed.

Keywords: Big Data, education, educational platform, education market.

УДК 004.021:004.75

МОНИТОРИНГ РАБОТЫ ЕЭС РОССИИ В УСЛОВИЯХ УГРОЗ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМИ ИМПУЛЬСАМИ ПРИРОДНОГО И ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА

Е.П. Грабчак
Старший научный сотрудник Объединенного института высоких температур РАН, кандидат экономических наук
Grabchak.eugene@gmail.com

Е.Л. Логинов
Начальник экспертно-аналитической службы Ситуационно-аналитического центра Минэнерго России, доктор экономических наук, профессор РАН
loginovel@mail.ru

Е.П. Грабчак

Окончил Московский физико-технический институт (национальный исследовательский университет). Область научных интересов связана с управлением развитием сложных технических систем в энергетике России, в т.ч. в условиях чрезвычайных ситуаций и в особый период.

Е.Л. Логинов

Окончил Кубанский государственный технический университет. Дважды лауреат премии Правительства РФ в области науки и техники, лауреат премии Правительства РФ в области образования. Область научных интересов связана с исследованием проблем информационной безопасности в энергетике.

Аннотация. Рассмотрены проблемы внедрения автоматизированной системы мониторинга работы информационно-управляющих систем в ЕЭС России в условиях электромагнитных и иных атак.

Предлагается в условиях выхода ситуации за пределы контролируемых режимов управления переход к работе управляющих элементов построенных на основе «жесткой логики». Структурирование по контурам управления позволяет в случае атаки эффективно отработать нормализацию управляющих транзакций как в отношении самих информационно-управляющих систем, так и в отношении сегментов суперсистемы, которым они управляют.

Ключевые слова: энергетика, информационная система, мониторинг, электромагнитные импульсы.

Введение. В настоящее время интеллектуальные технологии интенсивно внедряются непосредственно в автоматизацию основных функциональной деятельности в Единой энергетической системе (ЕЭС России) как суперсистеме [1].

При автоматизации управления сложными процессами работы элементов энергетической суперсистемы эффективным инструментом являются цифровые «двойники» физических элементов и функциональных процессов как инструментов поддержки принятия решений.

Особого внимания заслуживает все более широкое использование цифровой топологии как основы цифрового мониторинга и интеллектуального управления в рамках единой цифровой модели ЕЭС России как суперсистемы при генерации и передаче электроэнергии [2].

При этом, цифровые элементы информационно-управляющих систем расширяют спектр их возможных уязвимостей в условиях воздействия электромагнитными

импульсами (ЭМИ) природного и техногенного характера, в т.ч. электромагнитных атак.

Подходы к поддержанию живучести информационно-управляющих систем в ЕЭС России в условиях ЭМИ-воздействия. С дальнейшей интеллектуализацией (на основе цифровизации) и функционированием сверхбольших энергетических систем и отдельных критически важных систем особую значимость приобретает угроза целевых атак с использованием ЭМИ на информационно-управляющие системы. Эти атаки могут быть реализованы в условиях критической природной электромагнитной активности.

Центральным ядром всей системы является информационный комплекс, который реализует обеспечение согласованности действий в условиях штатной работы и в аварийных условиях в отношении генерирующих объектов, сетевого хозяйства и иных инфраструктурных активов, обеспечение селективности коммуникаций и реализацию обратной связи.

Автоматизация управления сложными процессами штатной работы элементов суперсистемы на основе цифровой топологии как основы цифрового мониторинга и интеллектуального управления в рамках единой цифровой модели реализуется за счет сбора и обработки данных о выявленных параметрах работы информационно-управляющих систем. Это особенно важно для их сопоставления с прогнозными данными, что позволяет реализовать обратную связь, контроль и уточнение расчетов по прогнозированию уровня устойчивости работы информационно-управляющих систем в ЕЭС России в условиях возможного (будущего) ЭМИ-воздействия природного и техногенного характера, в т.ч. электромагнитных атак, путем сравнения фактических данных с прогнозируемыми.

Также развитие методов автоматизации оценки состояния и работы функциональных элементов ЕЭС России с помощью сетевого мониторинга и анализа позволит уйти от устаревших осмотровых методов, не лишенных недостатка влияния человеческого фактора, заложенных в большинстве российских стандартов и создать надежный задел для решения проблем безопасности в рамках отечественных и международных стандартов.

Поставленная цель поддержания живучести информационно-управляющих систем в ЕЭС России достигается разработкой принципиально новой технологии использования нейросети как основы цифрового мониторинга и интеллектуального управления в рамках единой цифровой модели ЕЭС России за счет создания единой цифровой модели и получения данных от интеллектуальных мониторинговых сервисов для оптимизации управленческих параметров цифровой поддержки режимов управления с переходом при необходимости к работе управляющих элементов построенных на основе «жесткой логики».

Структура энергетической суперсистемы включает сложноструктурированные группы кластеров в ЕЭС России и их информационно-управляющих систем, которые являются потенциальными целями ЭМИ-воздействия природного и техногенного характера, в т.ч. электромагнитных атак. И, если в обычных условиях функционирования энергетической суперсистемы критические электромагнитные воздействия, например, природного характера, позволяют быстро восстановить энергоснабжение потребителей, то в особо тяжелых условиях (в особый период) атаки подобного рода будут иметь только одну цель – нарушить или прекратить совсем функционирование данной энергетической системы или данного хозяйствующего субъекта (энергетического) без применения обычных вооружений.

Удачным примером приложения предлагаемой технологии являются сервисы анализа в рамках систем безопасности (с использованием нейросети), которые основаны на методе выявления аномального функционирования в шифрованном трафике без его дешифровки, на основе обработки статистических данных запросов и ответов.

Рассмотренные угрозы информационной безопасности, влияющие на устойчивость работы кластеров в ЕЭС России позволяют сформулировать направления повышения надежности и оперативных резервов производственных мощностей для систем энергоснабжения в условиях возможных аварийных явлений вследствие критических электромагнитных воздействий природного характера и целенаправленных электромагнитных атак.

Основные трудности в обеспечении надежной работы сегмента энергетической суперсистемы, например, кластеров в ЕЭС России в условиях электромагнитных атак как угроз синхронным процессам работы элементов суперсистемы связаны с недостаточной эффективностью средств мониторинга и анализа процессов работы элементов суперсистемы и, в связи с этим, затруднениями при выявлении и идентификации умышленной атаки для определения необходимого момента выдачи команды сегменту суперсистемы для перехода к работе элементов построенных на основе «жесткой логики».

Описание работы предлагаемой системы. Предлагается реализовать расширенный спектр мониторинга и анализа соответствия процессов работы элементов суперсистемы устоявшимся процессам функционирования (например, библиотеке допустимых управленческих транзакций) в условиях ЭМИ-воздействия природного и техногенного характера. Необходимо обеспечение поддержания работы сложных энергетических систем в условиях деструктивных ЭМИ-воздействий случайного, умышленного и неопределенного характера всеми подсистемами управленческого процесса.

Развитие современных компьютерных технологий, расширение возможностей программного обеспечения, оптимизация архитектуры аппаратных вычислительных средств, повышение чувствительности мониторинговых сервисов, интеграция различных вычислительных платформ в системы поддержки принятия решений в ЕЭС России позволяет осуществлять управление сложными процессами штатной работы элементов суперсистемы в интерактивном процессе реального времени.

При этом разработка технологии улучшения управления в условиях получения искаженного командного сигнала с учетом семантических особенностей распознавания алгоритмических команд при управлении элементами ЕЭС России является хотя и сложной, но решаемой практической задачей [3].

Решение этой задачи позволит расширить характеристики средств шумоочистки для существенного улучшения процессов анализа причин получения искаженных командных сигналов в условиях ЭМИ-воздействия природного и техногенного характера, в т.ч. для выявления и идентификации электромагнитных атак с учетом семантических особенностей распознавания алгоритмических команд при мониторинге работы элементов ЕЭС России.

Мониторинг работы информационно-управляющих систем в ЕЭС России в условиях электромагнитных атак. Современная автоматизированная система мониторинга работы информационно-управляющих систем в ЕЭС России в условиях ЭМИ-воздействия природного и техногенного характера, в т.ч. электромагнитных атак, должна реализовывать следующие основные функции:

– сбор данных, содержащих управленческих параметры контролируемого процесса состояния элементов суперсистемы;

– обработку текущих параметров с помощью различных математических моделей;

– анализ результатов обработки, моделирование и выдача прогноза уровня устойчивости работы информационно-управляющих систем в ЕЭС России в условиях ЭМИ-воздействия, выявление самих атак и идентификация источников электромагнитных атак (распознавание категории умышленного или неумышленного электромагнитного воздействия с определением оборудования (характеристики генератора ЭМИ), которое было использовано для атаки);

– отображение и представление в систему планирования и управления контролируемых параметров для определения необходимости выдачи или невыдачи команды по переходу к работе элементов построенных на основе «жесткой логики», а также прогнозу устойчивости работы элементов суперсистемы в условиях ЭМИ-воздействия природного и техногенного характера, в т.ч. электромагнитных атак, для определения возможности возвращения работы информационно-управляющих систем в штатные режимы [4; 5].

В системе должно быть реализовано сочетание различных видов цифрового мониторинга работы информационно-управляющих систем в ЕЭС России в условиях ЭМИ-воздействия природного и техногенного характера и математических подходов к их обработке и анализу результатов для оптимизации режимов управления с переходом или не переходом к работе управляющих элементов построенных на основе «жесткой логики» применительно к различным видам атак и аварийных ситуаций.

По заданным показателям влияния параметров атаки на индекс работы информационно-управляющих систем в ЕЭС России оценивается вероятность появления сбоев.

В результате сбора и обработки информации от мониторинговых сервисов выявления аномальных ситуаций, вследствие которых могут возникнуть аварийные ситуации, процедура выявляет аварийные ситуации, вызванные нарушениями вследствие ЭМИ-воздействий. Процедура устанавливает причины их появления и оценивает вероятность выхода ситуации за пределы контролируемых режимов управления с переходом к работе управляющих элементов построенных на основе «жесткой логики».

Структурирование по контурам управления позволяет в случае атаки эффективно отработать нормализацию управляющих транзакций как в отношении самих информационно-управляющих систем, так и в отношении сегментов суперсистемы, которым они управляют.

Для дальнейшего развития системы необходимо решить следующие основные задачи, успешное решение которых наиболее востребовано:

– разработать автоматизированную командную информационно-управляющую систему на основе технологии распознавания и синтеза данных при получении алгоритмических команд для управления элементами суперсистемы в отношении ЕЭС России;

– разработать автоматизированную систему на основе технологии идентификации аутентичности источника управляющих команд по группе параметров, которые определяются нейросетевыми методами, для обеспечения безопасности работы ЕЭС России;

– разработать систему распознавания разноскоростной передачи командных сообщений на базе технологии распознавания и синтеза алгоритмических команд при управлении элементами суперсистемы в отношении ЕЭС России;

– разработать систему командной верификации для управления элементами суперсистемы.

Заключение. Внедрение автоматизированной информационной системы мониторинга работы информационно-управляющих систем в ЕЭС России позволяет оперативно выявлять отклонения в параметрах работы как в отношении самих информационно-управляющих систем, так и в отношении сегментов суперсистемы, которым они управляют. На основании анализа процессов работы элементов суперсистемы, описанных в математической модели автоматической системы мониторинга работы информационно-управляющих систем в ЕЭС России в условиях ЭМИ-воздействия природного и техногенного характера система [вычислительный блок с программными сервисами] должна позволять идентифицировать способ и характеристики

атаки, включая удаленность и направление расположения оборудования, использованного для атаки, для принятия ответных мер со стороны структур, отвечающих за охрану и оборону таких объектов.

Список литературы

[1] Агеев А.И., Грабчак Е.П., Логинов Е.Л. Использование искусственного интеллекта при реализации командования войсками и управления гражданскими объектами как единым гибридным полем боя // Нейрокомпьютеры и их применение. Тезисы докладов XX Всероссийской научной конференции. – М.: МГППУ, 2022. С. 31-33.

[2] Агеев А.И., Грабчак Е.П., Логинов Е.Л. Smart-коллапс в цифровой энергетике будущего: угрозы глобального обрушения информационных систем управления в условиях возможной самоорганизованной информационной блокады // Энергетик. 2020. № 6. С. 10-14.

[3] Бинько Г.Ф., Грабчак Е.П., Купчиков Т.В., Логинов Е.Л., Миляев Р.Г., Сацук Е.И., Черезов А.В., Шаров Ю.В. Использование искусственного интеллекта и технологии BIG DATA при формировании цифровой модели отраслевой суперсистемы для управления кластерами электро- и теплоэнергетических объектов // Известия НТЦ Единой энергетической системы. 2020. № 1 (82). С. 6-18.

[4] Грабчак Е.П., Логинов Е.Л. Проблемы защиты информационных систем и систем автоматического и автоматизированного управления в электроэнергетике от космических и воздушных средств создания сигналов помех и воздействия ЭМИ // Энергетика и энергосбережение: теория и практика. Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции. – Кемерово: Кузбасский государственный технический университет, 2020. С. 307-1-307-3.

[5] Грабчак Е.П., Логинов Е.Л. Угрозы работе информационно-управляющих систем в энергетике России в условиях трансформации технологий и средств воздушно-космического нападения развитых государств // BI-технологии и корпоративные информационные системы в оптимизации бизнес-процессов. Материалы VIII Международной научно-практической конференции. – Екатеринбург: УГЭУ, 2021. С. 64-66.

Авторский вклад

Грабчак Евгений Петрович – руководство исследованием по мониторингу работы ЕЭС России в условиях электромагнитных атак.

Логинов Евгений Леонидович – постановка задачи исследования, описание работы системы.

MONITORING THE OPERATION OF THE UES OF RUSSIA UNDER THREATS OF INFLUENCE OF ELECTROMAGNETIC PULSES OF NATURAL AND TECHNOGENIC CHARACTER

E.P. Grabchak
Senior Researcher at the Joint Institute of High Temperatures of the Russian Academy of Sciences, Candidate of Economic Sciences

E.L. Loginov
Head of the expert analytical service of the SAC Ministry of Energy of Russia, Doctor of Economic Sciences, Professor of the Russian Academy of Sciences

Abstract. The problems of implementing an automated monitoring system for the operation of information and control systems in the Unified Energy System of Russia under conditions of electromagnetic and other attacks are considered.

It is proposed that in conditions where the situation goes beyond the limits of controlled control modes, a transition to the operation of control elements built on the basis of “hard logic” is proposed. Structuring along control loops allows, in the event of an attack, to effectively work out the normalization of control transactions both in relation to the information management systems themselves and in relation to the segments of the supersystem that they control.

Keywords: energy, information system, monitoring, electromagnetic pulses.

УДК 004.942

АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ СКОРОСТЬЮ МОБИЛЬНОЙ ПЛАТФОРМЫ

Н.С. Игнатюк
Магистрант второго курса
факультета компьютерного
проектирования БГУИР
nikitaignatuk20@gmail.com

Н.С. Игнатюк

Окончил Белорусский национальный технический университет. На данный момент обучается на втором курсе магистратуры факультета компьютерного проектирования Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с разработкой математических моделей и алгоритмов управления движением мобильной платформы.

Аннотация. В статье представлена математическая модель управления движением мобильной платформы. Модель включает формулы для расчета положения платформы и поворота передних колес, позволяющие представить траекторию движения платформы в конкретных условиях.

Разработан алгоритм управления скоростью. Используя графические представления и формулы, в статье исследуются коэффициенты, влияющие на скорость, что дает представление о управлении скоростью вращения задних колес и платформы в целом. Затем происходит процесс выбора скоростного режима, основанным на коэффициентах влияния. Статья завершается иллюстрацией результата моделирования движения мобильной платформы.

Ключевые слова: математическая модель, алгоритм управления поворотом, оптимизация траектории, алгоритм управления скоростью, коэффициенты влияния.

Введение. В сфере автономных систем и робототехники управление мобильными платформами стало ключевой областью внимания, охватывающей широкий спектр приложений от робототехники до транспорта. Эффективная автоматизация этих платформ требует сложных математических моделей и алгоритмов, которые управляют их поведением и реакцией на изменяющиеся условия. В этом контексте использование математических моделей играет решающую роль в представлении кинематики и динамики мобильных платформ. Эти модели в сочетании с алгоритмами позволяют точно контролировать такие параметры, как скорость мобильной платформы и угол поворота рулевого колеса.

В данной статье представлена математическая модель мобильной платформы и алгоритмы управления параметрами математической модели: угол поворота переднего колеса и скорость заднего колеса.

Математическая модель. На рисунке 1 представлена схема изменения положения мобильной платформы [1].

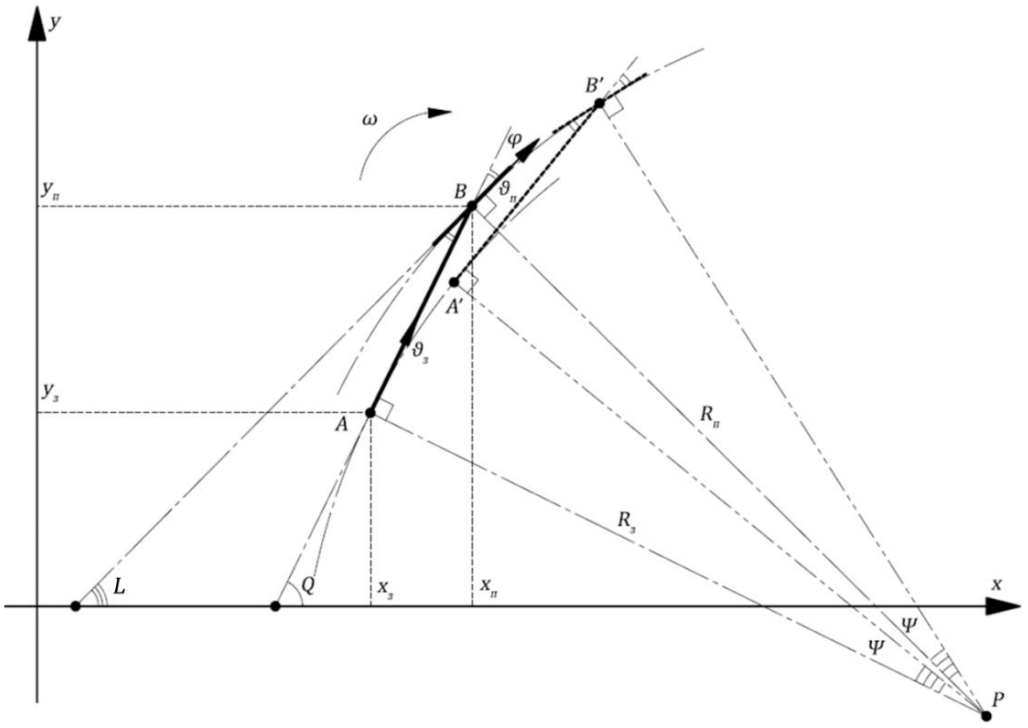


Рисунок 1. Кинематическая схема движения платформы

Математическая модель мобильной платформы (формула 1) [1, 2]:

$$\begin{cases} x_{п} = x_{п0} + v_{п} cos\,(\mathcal{L} + \Psi)\Delta t \\ y_{п} = y_{п0} + v_{п} sin\,(\mathcal{L} + \Psi)\Delta t \\ x_{з} = x_{п} - L\,cos\,(\pm Q + \Psi) \\ y_{з} = y_{п} - L\,sin\,(\pm Q + \Psi) \end{cases} \quad (1)$$

где: $\Psi = \frac{\vartheta_з tan\,\varphi}{L}\,\Delta t$ – угол изменения положения платформы, $L = \left(x_{п0} - x_{з0}\right)^2 + \left(y_{п0} - y_{з0}\right)^2$ – колесная база платформы (отрезок AB), $x_{п0}$ и $y_{п0}$ – первоначальные координаты переднего колеса, $x_{з0}$ и $y_{з0}$ – первоначальные координаты заднего колеса, $\vartheta_п = \frac{\vartheta_з}{cos\,\varphi}$ – скорость переднего колеса, $\vartheta_з = \vartheta = \vartheta_0$ – скорость заднего колеса, $\mathcal{L} = \pm\, Q + \varphi$ – угол между направлением переднего колеса и осью OX, $Q = arccos\left(\frac{x_{п0} - x_{з0}}{L}\right)$ – угол наклона платформы, $Q = \begin{cases} +Q, & если\ \ y_{п0} \geq y_{з0} \\ -Q, & если\ \ y_{п0} < y_{з0} \end{cases}$ [1, 2].

Угол поворота переднего колеса рассчитывается по формуле 2:

$$\varphi = k_{пов}\omega_р \Delta t + \varphi_0 \quad (2)$$

где: $k_{пов}$ – коэффициент направления вращения ротора (определяет направление изменения угла φ), ω_p – угловая скорость вращения ротора (скорость изменения угла φ), φ_0 – первоначальный угол поворота переднего колеса относительно платформы [1, 2, 3].

Алгоритм поворота и постановка проблемы. При движении мобильной платформы со скоростями заднего колеса >9 м/с и при различных алгоритмах поворота переднего колеса наблюдается неадекватная траектория движения. В качестве примера возьмём начальные условия: $x_{п0} = 1,\ y_{п0} = 1,\ x_{з0} = 0,\ y_{з0} = 0,\ x_{кон} = -40,\ y_{кон} = 20,$ $\vartheta_0 = 35$, $\omega_p = \frac{\pi}{4}$, $\varphi_0 = -\frac{\pi}{4}$. В качестве алгоритма поворота переднего колеса будем использовать алгоритм, основанный на расчёте координат конечной точки K после поворота и смещения осей на угол $\mathcal{L}$ и $x_п$ соответственно, где коэффициент $k_{пов}$ будет изменяться следующим образом (формула 3) [3]:

$$k_{пов} = \begin{cases} y''_{кон} > 0 \text{ или } y'_{кон} = 0 \ \wedge \ x''_{кон} < 0, \text{то } k_{пов} = 1 \\ y''_{кон} < 0, \ то \ k_{пов} = -1 \\ y''_{кон} = 0, \text{то } k_{пов} = 0 \end{cases}, \qquad (3)$$

где: $y''_{кон} = -\left(x_{кон} - x_п\right) * \sin\mathcal{L} + \left(y_{кон} - y_п\right) * \cos\mathcal{L}$ – значение $y_{кон}$ после преобразования координат (смещение начала системы координат на $x_п$ и $y_п$, а также поворот на угол $\mathcal{L}$), $x''_{кон} = \left(x_{кон} - x_п\right) * \cos\mathcal{L} + \left(y_{кон} - y_п\right) * \sin\mathcal{L}$ – значение $x_{кон}$ после преобразования координат (смещение начала системы координат на $x_п$ и $y_п$, а также поворот на угол $\mathcal{L}$).

Траектория движения мобильной платформы в данном примере выглядит следующим образом (рисунок 2):

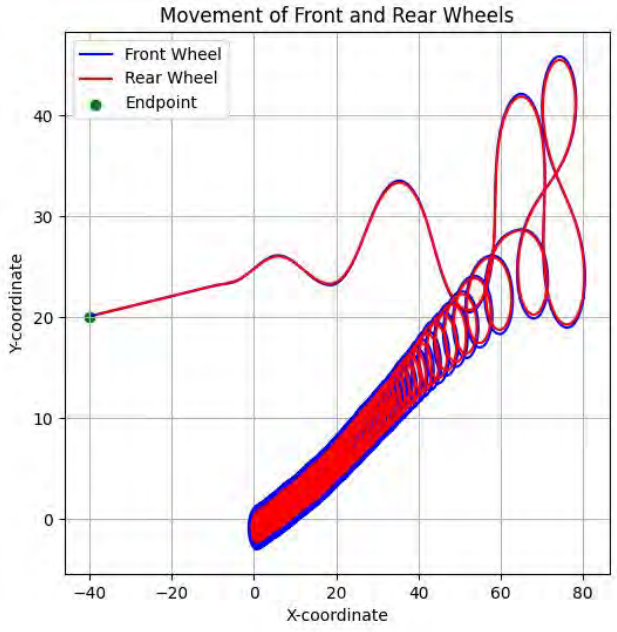


Рисунок 2. Траектория движения мобильной платформы при скорости вращения заднего колеса 35 м/с

Алгоритм управления скоростью. Для решения данной проблемы можно ввести алгоритм управления скоростью, который будет регулировать скорость заднего колеса. Скорость будет зависеть от значения трёх переменных: $\mathcal{L}_{кон}$ – угол между конечной точкой и передним колесом в системе координат переднего колеса, $Q_{кон}$ – угол между конечной точкой и передним колесом в системе координат колесной базы мобильной платформы, φ – угол поворота переднего колеса относительно колесной базы. Влияние данных переменных будем считать линейным. Формула построения прямой по двум точкам (формула 4) [4, с. 31-34]:

$$\frac{x_f - x_1}{x_2 - x_1} = \frac{y_f - y_1}{y_2 - y_1} \tag{4}$$

После преобразования получаем (формула 5) [4, с. 31-34]:

$$y_f = \frac{(x_f - x_1) * (y_2 - y_1)}{x_2 - x_1} + y_1 \tag{5}$$

Таким образом мы получаем формулу для расчёта коэффициента влияния трёх переменных:

1 $k_{\mathcal{L}}$. На оси Oy устанавливаем значения от $y_{\mathcal{L}1} = 0{,}1$ до $y_{\mathcal{L}2} = 1{,}0$ (множители влияния данного коэффициента), на оси Ox – значения от $x_{\mathcal{L}1} = \pi$ (модуль максимального значения угла $\mathcal{L}$) до $x_{\mathcal{L}2} = 0$. Значение $x_{\mathcal{L}f}$ соответствует модулю фактического значения угла $\mathcal{L}_{кон}$, который рассчитывается по формуле 6:

$$\left|\mathcal{L}_{кон}\right| = \left|arc\cos\frac{x''_{кон}}{S''}\right|, \tag{6}$$

где: $S'' = \sqrt[2]{x''_{кон} + y''_{кон}}$ – расстояние от переднего колеса до конечной точки после преобразования системы координат (смещение начала системы координат на $x_{п}$ и $y_{п}$, а также поворот на угол $\mathcal{L}$).

Таким образом формула для нахождения коэффициента $k_{\mathcal{L}}$ имеет следующий вид (формула 7):

$$k_{\mathcal{L}} = \frac{\left(\left|\mathcal{L}_{кон}\right| - x_{\mathcal{L}1}\right) * (y_{\mathcal{L}2} - y_{\mathcal{L}1})}{x_{\mathcal{L}2} - x_{\mathcal{L}1}} + y_{\mathcal{L}1}. \tag{7}$$

Графическое представление нахождения коэффициента $k_{\mathcal{L}}$ представлено на рисунке 3.

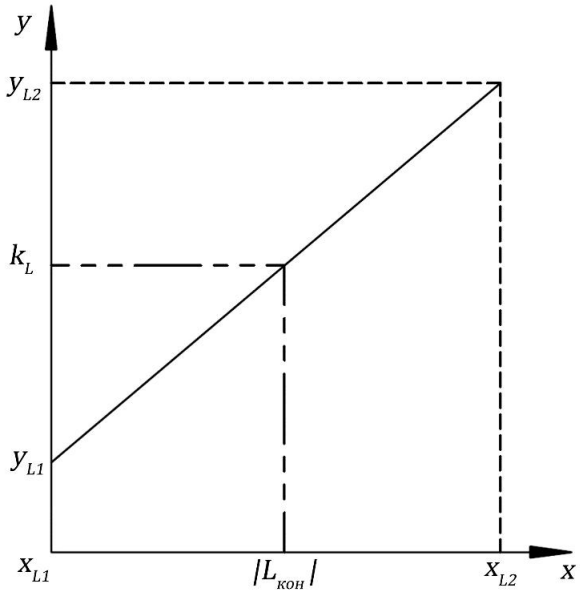


Рисунок 3. Графическое представление нахождения коэффициента $k_{\mathcal{L}}$

2 k_Q. На оси Oy устанавливаем значения от $y_{Q1} = 0{,}1$ до $y_{Q2} = 1{,}0$ (множители влияния данного коэффициента), на оси Ox – значения от $x_{Q1} = \pi$ ((модуль максимального значения угла Q) до $x_{Q2} = 0$. Значение x_{Qf} соответствует модулю фактического значения угла $Q_{кон}$, который рассчитывается по формуле 8:

$$\left|Q_{кон}\right| = \left|arccos\frac{x'_{кон}}{S'}\right|, \tag{8}$$

где: $x'_{кон} = \left(x_{кон} - x_{п}\right) * \cos Q + \left(y_{кон} - y_{п}\right) * \sin Q$ – значение $x_{кон}$ после преобразования координат (смещение начала системы координат на $x_{п}$ и $y_{п}$, а также поворот на угол Q); $S' = \sqrt[2]{x'_{кон} + y'_{кон}}$ – расстояние от переднего колеса до конечной точки после преобразования системы координат (смещение начала системы координат на $x_{п}$ и $y_{п}$, а также поворот на угол Q); $y'_{кон} = -\left(x_{кон} - x_{п}\right) * \sin Q + \left(y_{кон} - y_{п}\right) * \cos Q$ – значение $y_{кон}$ после преобразования координат (смещение начала системы координат на $x_{п}$ и $y_{п}$, а также поворот на угол Q).

Таким образом формула для нахождения коэффициента $k_{\mathcal{L}}$ имеет следующий вид (формула 9):

$$k_Q = \frac{\left(\left|Q_{кон}\right| - x_{Q1}\right) * (y_{Q2} - y_{Q1})}{x_{Q2} - x_{Q1}} + y_{Q1}. \tag{9}$$

Графическое представление нахождения коэффициента k_Q представлено на рисунке 4.

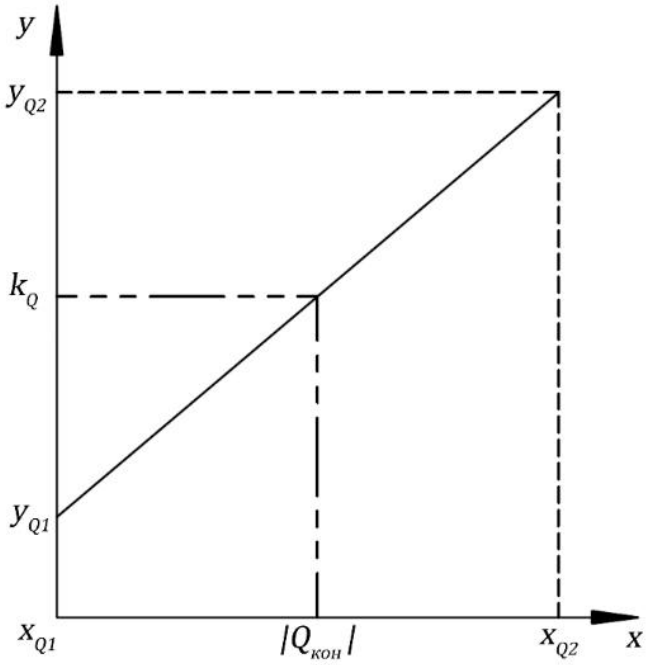


Рисунок 4. Графическое представление нахождения коэффициента k_Q

3 k_φ. На оси Oy устанавливаем значения от $y_{\varphi 1} = 0{,}1$ до $y_{\varphi 2} = 1{,}0$ (множители влияния данного коэффициента), на оси Ox – значения от $x_{\varphi 1} = \frac{\pi}{4}$ (модуль максимального значения угла φ) до $x_{\varphi 2} = 0$. Значение x_φ соответствует модулю фактического значения угла $|\varphi|$.

Таким образом формула для нахождения коэффициента $k_\mathcal{L}$ имеет следующий вид (формула 10):

$$k_\varphi = \frac{(|\varphi| - x_{\varphi 1}) * (y_{\varphi 2} - y_{\varphi 1})}{x_{\varphi 2} - x_{\varphi 1}} + y_{\varphi 1}. \quad (10)$$

Графическое представление нахождения коэффициента k_φ представлено на рисунке 5.

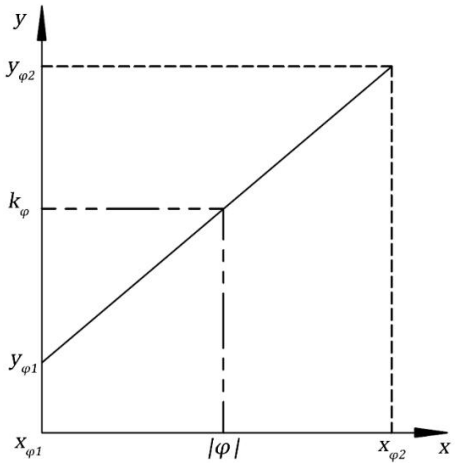


Рисунок 5. Графическое представление нахождения коэффициента k_φ

После расчёта всех коэффициентов влияния находим коэффициент общего влияния (общий коэффициент управления скоростью) (формула 11):

$$k_{упр} = k_{\mathcal{L}} * k_Q * k_\varphi. \quad (11)$$

Мобильная платформа имеет три режима скорости: $\vartheta = \vartheta_0$ – максимальная скорость движения мобильной платформы, $\vartheta = 0{,}5 * \vartheta_0$ – движения мобильной платформы со скоростью в двое меньше от максимальной, $\vartheta = 1$ – движения мобильной платформы с минимальной скоростью 1 м/с.

Выбор скорости движения будет соответствовать следующему алгоритму (формула 12):

$$\vartheta = \begin{cases} \vartheta_0, \textit{если}\, k_{упр} \geq 0{,}9 * m_{пред} \\ 0{,}5 * \vartheta_0, \textit{если}\, 0{,}9 * m_{пред} > k_{упр} \geq 0{,}6 * m_{пред}, \\ 1, \textit{если}\, 0{,}6 * m_{пред} > k_{упр} \end{cases} \quad (12)$$

где: $m_{пред} = y_{\mathcal{L}2} * y_{Q2} * y_{\varphi 2}$ – верхнее значение общего влияния.

Результаты моделирования движения мобильной платформы при использовании алгоритма управления скоростью при тех же начальных условиях, что и в примере в начале статьи, представлены на рисунке 6.

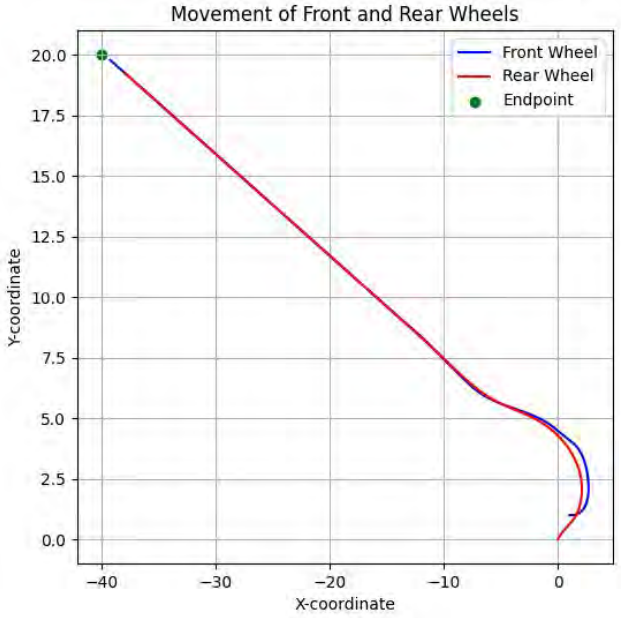


Рисунок 6. Траектория движения мобильной платформы с алгоритмом управления скоростью

Заключение. При сравнении траекторий мобильной платформы без реализации алгоритма управления скоростью и при его включении становится очевидным, что алгоритм управления скоростью оптимизирует траекторию мобильной платформы и решает проблему неадекватности траектории, возникающей при высоких скоростях. Время, необходимое мобильной платформе для достижения конечной точки, значительно

сокращено с 31,24 секунды (до использования алгоритма регулирования скорости) до 6,79 секунд.

Алгоритм управления скоростью не только решает специфическую проблему неровностей траектории, но и привносит динамический элемент в систему управления. Этот динамический аспект позволяет осуществлять корректировку в режиме реального времени на основе различных влияющих факторов, способствуя повышению адаптивности и быстродействия.

Список литературы

[1] Ihnatsiuk M., Tatur M. Construction of a mathematical model of the movement of a four-wheeled mobile robot // ACeSYRI. Proceedings of the workshops on ACeSYRI 2023. – Žilina, Slovakia: EDIS, 2023. – 25-31 p.

[2] Игнатюк Н.С. Модифицированная математическая модель расчета координат мобильной платформы // Состояние и перспективы развития современной науки и образования: сборник статей VII Международной научно-практической конференции (25 января 2024 г.). — Петрозаводск: МЦНП «НОВАЯ НАУКА», 2024. — 367-372 с.

[3] Игнатюк Н.С. Моделирование алгоритмов управления движением мобильной платформы // Беларусь-Китай: контуры инновационно-технологического сотрудничества: сборник материалов научно-практической конфренции // сост. М. А. Войтешонок. – Минск: БНТУ, 2023. – 112-113 с.

[4] Гусак А.А. Высшая математика. В 2-х т. Т. 1.: Учеб. для студентов вузов. – 2-е изд., испр. – Минск: ТетраСистемс, 2000. – 544 с.

Авторский вклад

Игнатюк Никита Сергеевич – построение математической модели мобильной платформы, разработка и проверка алгоритмов управления движением мобильной платформы, постановка проблемы и предложение способа оптимизации траектории мобильной платформы путём внедрения алгоритма управления скоростью, анализ результатов, формирование структуры статьи.

THE ALGORITHM FOR CONTROLLING THE SPEED OF THE MOBILE PLATFORM

N.S. Ignatyuk
Second-year undergraduate
student of the Faculty of Computer
Engineering of BSUIR

Annotation. The article presents a mathematical model for controlling the movement of a mobile platform. The model includes formulas for calculating the position of the platform and the rotation of the front wheels, allowing you to imagine the trajectory of the platform in specific conditions.

A speed control algorithm has been developed. Using graphical representations and formulas, the article examines the coefficients affecting speed, which gives an idea of the control of the rotation speed of the rear wheels and the platform as a whole. Then there is a process of selecting the speed limit based on the coefficients of influence. The article concludes with an illustration of the result of modeling the movement of the mobile platform.

Keywords: mathematical model, turn control algorithm, trajectory optimization, speed control algorithm, influence coefficients.

УДК 339.138:004.428

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛЬЗОВАТЕЛЬСКОГО КОНТЕНТА В МАРКЕТИНГЕ

Е.В. Тюхай

Студент 4 курса специальности «Электронный маркетинг» инженерно-экономического факультета БГУИР

tiukhay@gmail.com

О.Н. Шкор

Старший преподаватель, магистр экономических наук, доктор философии в области экономики

shkor@bsuir.by

О.Н. Шкор

Родилась в Минске. Закончила БПИ в 1984 году .В 2001 г. защитила магистерскую диссертацию на тему: «Использование блочно-модульной системы обучения в профессиональной ориентации школьников» по специальности 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством». В 2010 г. защитила докторскую диссертацию (PhD) на тему: «Экономическое обоснование формирования транспортной логистической системы Республики Беларусь» в Международной кадровой академии (Киев). С 2014 г. по настоящее время - заместитель заведующего кафедрой по научно-исследовательской работе студентов.

Е.В. Тюхай

Родилась в 2003 году в Минске. В 2020 году закончила ГУО «Средняя школа №200 г. Минска». В этом же году поступила в УО «БГУИР», была зачислена на платную форму обучения по специальности «Электронный маркетинг» инженерно-экономического факультета.

Аннотация. В данной статье будут рассмотрены преимущества и варианты эффективного использование пользовательского контента в маркетинге, а также инструменты и методы использования в разных отраслях. Кроме того, будут сделаны выводы о будущих перспективах использования пользовательского контента на основе уже существующих исследований.

Ключевые слова: пользовательский контент, машинное обучение, большие данные, маркетинг.

Введение. Потребители постоянно предоставляют информацию о том, что им нравится в бренде, какие продукты они сравнивают или желают, какие аспекты сервиса им не нравятся, или что их разочаровывает. Каждый онлайн-канал предоставляет конкретную информацию, которую маркетологи могут использовать для получения сведений об отношении потребителя к продукту в ходе принятия решения о покупке. Объем поисковых запросов в *Google* и количество подписчиков в социальных сетях могут дать определенное представление о знании бренда и осведомленности о нем.

Контент, создаваемый пользователями в социальных сетях, также может помочь специалистам отслеживать чувства, предпочтения и отношение клиентов, а также понимать метрики, такие как намерение покупки, смысл бренда или удовлетворенность клиентов.

Instagram славится использованием для похвалы брендов и выделения актуальных модных и желанных продуктов, и может быть отличным источником для оценки силы бренда. В то же время *Twitter* известен как первый канал для жалоб, если ожидания потребителей не оправдываются. Это означает, что оба канала могут быть полезны для отслеживания удовлетворенности клиентов и значения бренда. Аналогично, платформы, такие как *Facebook* (для более старшей целевой аудитории), *TikTok* (для очень молодой целевой аудитории), *YouTube*, *Reddit* и *Snapchat* предоставляют менеджерам множество полезных сведений о клиентах [1].

Менеджеры могут понимать восприятие бренда потребителями (и как на них влияют маркетинговые мероприятия), изучая контент, который они публикуют, и насколько он выгоден по сравнению с другими брендами. Те же самые данные позволяют отслеживать установки клиентов и объяснять их с помощью маркетинговой деятельности, а также определять и измерять предпочтения и мнения клиентов, чтобы выявлять новые сегменты, варианты использования продуктов и возможности для роста.

Чтобы погрузиться в этот массив данных, создаваемый пользователями, менеджерам необходимо развить четкое понимание того, какой тип информации для какого случая они хотят извлечь, а затем решить, какие источники данных и инструменты требуются для создания инсайтов. В следующем разделе мы представляем обзор потенциальных случаев использования, соответствующих источников данных и связанных современных инструментов для анализа различных типов данных [2].

Что касается вариантов использования, текущие бизнес-исследования предлагают структуру, которая сочетает в себе источник данных с объемом корпоративного варианта использования. В этой структуре данные поступают из двух основных источников: данных, которые были сгенерированы внутри компании, и данных, которые необходимо собрать извне. Компании могут использовать эти данные либо для изучения потребителей и рынков, либо для принятия более обоснованных решений.

Отслеживая, как часто бренд упоминается положительно (или отрицательно), можно легко дополнить или даже заменить общие показатели бренда, основанные на опросах, такие как узнаваемость бренда, симпатия к бренду или удовлетворенность клиентов. Все они хорошо известны и задокументированы как связанные с действиями клиентов, такими как частота покупок и лояльность к бренду, а также связанные с другими важными корпоративными показателями, такими как прибыль и стоимость акций. Используя пользовательский контент, компании могут постоянно отслеживать ежедневные оценки настроений и видеть, как настроение к бренду зависит от собственных маркетинговых действий, действий конкурентов или развития рынка.

Количество положительных и отрицательных комментариев о бренде можно использовать для прогнозирования важных метрик мнения от осведомленности до намерения покупки, удовлетворенности клиентов и рекомендаций, а также помочь маркетологам и менеджерам по продажам оптимизировать свою деятельность.

При измерении настроений на основе пользовательского контента ключевой задачей является понимание того, как оптимально извлечь их из текстовых, графических и видеоданных. Для текстовых данных уже существует широкий набор инструментов, которые помогают маркетологам определять настроения на основе письменных данных. Эти инструменты обычно делятся на две основные категории: «сверху вниз» и «снизу вверх».

1 Инструменты «сверху-вниз» используют словари, в которых перечислены слова, ассоциированные с настроениями. Инструмент просто считает количество слов в данном тесте, ассоциированных с положительным или отрицательным настроением. Эти инструменты также могут использовать потенциал символов в тексте, таких как эмодзи, которые также выражают настроение. Исследуя, какие эмодзи чаще всего появляются с брендом в постах пользователей, можно часто получить более глубокое понимание смысла бренда.

2 Инструменты «снизу вверх» – это более сложные инструменты машинного обучения на основе искусственного интеллекта, которые для измерения настроений полагаются на предварительно помеченные тренировочные данные для измерения настроения. Эти модели пытаются понять, какие слова часто встречаются вместе в положительном или отрицательном контексте. Обучение этих моделей требует значительных ресурсов и времени, а также навыков машинного обучения. Эти инструменты обычно обходятся ценой меньшей точности и получения более общих результатов [3].

Когда дело доходит до измерения настроений в изображениях и видео, машинное обучение снова играет ключевую роль. Современные классификаторы объектов можно использовать для обнаружения продуктов или логотипов брендов, а также для измерения эмоций, например, путем анализа выражений лица или голосов в видеороликах.

Помимо отслеживания мнения потребителей, важно также понять, почему потребители (не)удовлетворены или предпочтения определенных сегментов клиентов. Для достижения этой цели исследования в области обработки естественного языка разработали тематические модели, тип машинной модели, которую можно применять в различных контекстах. Они анализируют наборы документов для идентификации скрытых тем, основанных в каждом документе. Компании могут отслеживать источники удовлетворенности, например, анализируя скрытые темы в отзывах о продуктах и услугах, чтобы понять, какие темы вызывают удовлетворение и неудовлетворение. Аналогичным образом можно использовать тематические модели для понимания стратегий конкурентов, анализируя большие наборы патентов, отчетов инвесторов или официальных или неофициальных социальных медиа конкурентов. Темы могут быть изучены и интерпретированы различными способами, такими как создание облаков слов и графиков частоты слов для визуализации ключевых терминов. Как только будет разработана интерпретация и названия различных тем, можно продолжить исследование того, какие темы встречаются более или менее часто для конкретных брендов в отрасли. Изучая, с какими темами сталкивается та или иная компания, можно затем оптимизировать или улучшить положение собственного бренда по сравнению с конкурентами [4].

Заключение. Пользовательский контент (*UGC*) является движущей силой самых успешных сегодня онлайн-брендов. В эпоху социальных сетей электронная коммерция догоняет идею о том, что сегодняшние покупатели меньше интересуются общими рекламными сообщениями. Их больше интересует, как другие реальные потребители, такие же, как и они сами, используют продукты и услуги магазина и получают от них выгоду. Учитывая большой потенциал пользовательского контента, руководителям рекомендуется определить подходящие источники данных и примеры использования для обогащения процесса принятия решений с помощью пользовательского контента.

Список литературы

[1] Tuning in - What ai and user generated content can tell us about consumers [Электронный ресурс]: https://knowledge.essec.edu/en/innovation/tuning-ai-and-user-generated-content-consumers.html

[2] The Power of Data Science for User-Generated Content [Электронный ресурс]: https://revelry.south.io/data-science-ugc-ed2d0c3a709b#.g17h2vt3f

[3] Big Data and Social Media for Better Marketing [Электронный ресурс]: https://innovatureinc.com/big-data-and-social-media-for-better-marketing/

[4] Xia Liu, Industrial Marketing Management (2020). Target and position article Analyzing the impact of user-generated content on B2B Firms' stock performance: Big data analysis with machine learning methods.

Авторский вклад

Авторы внесли равноценный вклад

EFFECTIVELY USING USER-GENERATED CONTENT IN MARKETING

E.V. Tyukhai
4th year student of the specialty «Electronic Marketing» of the Faculty of Engineering and Economics of BSUIR

O.N.Shkor
Senior Lecturer
at the Department of Economics BSUIR

Annotation. This article will discuss the benefits and options for effectively using user-generated content in marketing, as well as tools and methods of use in different industries. In addition, conclusions will be drawn about the future prospects for the use of user-generated content based on existing research.

Keywords: user-generated content, machine learning, big data, marketing.

УДК 004.021:004.75

СОЗДАНИЕ УЗЛОВОЙ АРХИТЕКТУРЫ РАЗРАБОТКИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ НА ПРИМЕРЕ ПАКЕТНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Е. А. Бугаев
Инженер-программист
ООО «Whitesnake»
buhaev.yauheni@gmail.com

Е.А.Бугаев

Окончил Белорусский государственный технологический университет. Область научных интересов связана с разработкой эффективных и быстрых алгоритмов для обработки больших объемов данных. Интересы включают в себя теоретические и практические аспекты оптимизации, машинного обучения, параллельных и распределенных вычислений, анализа данных и искусственного интеллекта.

Аннотация. Выполнен анализ и разбор реализации узловой архитектуры процесса обработки данных из различных источников для последующей их обработки, визуализации и анализа.

Показано, что можно добиться прозрачного и сквозного управления потоками данных, доработки либо изменения, простого добавления новой логики, источников данных или потребителей при использовании узлов, как логических единиц.

Ключевые слова: Узел, домен, Узловая архитектура.

Введение. Большинство современных систем оперируют большими объемами данных, которые служат различным целям: анализ рынка, повышение эффективности систем, поиск решений проблем «бизнеса» и «человека». Зачастую подобные системы реализованы с применением большого количества специфических технологий, требующие особых знаний и навыков, необходимые для работы с ними, что влечет за собой усложнение рабочего процесса разработки, а также приводит к комплексной и многоуровневой кодовой базе из-за чего усложняется написание новой бизнес-логики или изменение старой. В связи с таким многообразием встает серьезные вопрос в координировании и управлении действиями всех систем и технологий, используемых для решения поставленных задач.

Принимая во внимание данную проблему, необходимо разработать относительно простую архитектуру, позволяющую абстрагироваться от технологий. Однако простоты недостаточно, также архитектура должна иметь такие характеристики, как надежность, отказоустойчивость и расширяемость.

Подобные ограничения и требования ставят перед нами цель реализации архитектуры, позволяющей оперативно вносить изменения не только в определенный код, но и во всю архитектуру в целом.

Стоит отметить, что подобные трудности актуальны не только для систем работы с данными, но и при разработке более классических систем, целью которых является решение задач, базирующихся на основании специфической бизнес-логики.

Для построения структурированной, расширяемой и легко изменяемой архитектуры я предлагаю использовать узловую архитектуру. В общем виде узловая архитектура представляет собой набор узлов, зачастую серверов, связанных посредством сетевых протоколов. В данном случае узлами будут представлены логические единицы системы либо кода, декомпозированные на задачи, являющиеся чем-то вроде рабочих единиц. Ребрами же будут являться различные структуры данных, которыми оперируют узлы. Для наиболее простого и точного контроля систем стоит использовать направленные ребра, что, в свою очередь, будет выглядеть как конвейер выполнения.

Данный подход позволяет перенести идеи «микросервисной» архитектуры на код и использовать паттерны и подходы, например паттерн «повествование», применимые к подобным системам.

Рассмотрение задачи как структурной единицы системы. Определение логической едины системы задача нетривиальная и требует довольно длительного исследования предметной области. В более общем виде и в разрезе данной темы мы можем определить логическую единицу, как нечто неразделимое, выполняющее конкретную задачу. Это может быть класс или функция, но с четкой и понятной пользователю (разработчику) целью. Если говорить более простым языком, нечто абстрактное и позволяющее понять, что конкретно происходит с системой.

Рассмотрение узла как логической единицы бизнес-логики. В рассматриваемом случае узлом является независимая часть логики приложения, которая может быть использована на различных этапах работы системы. Каждый узел включает в себя структурные единицы, называемые задачами. В свою очередь каждую задачу также можем назвать узлом, так как в большинстве случаев ее можно декомпозировать на еще более атомарные задачи. Простым и хорошим теоретическим примером может служить разделение логики обработки одного типа данных в наборе на ступени, как показано на рисунке 1.

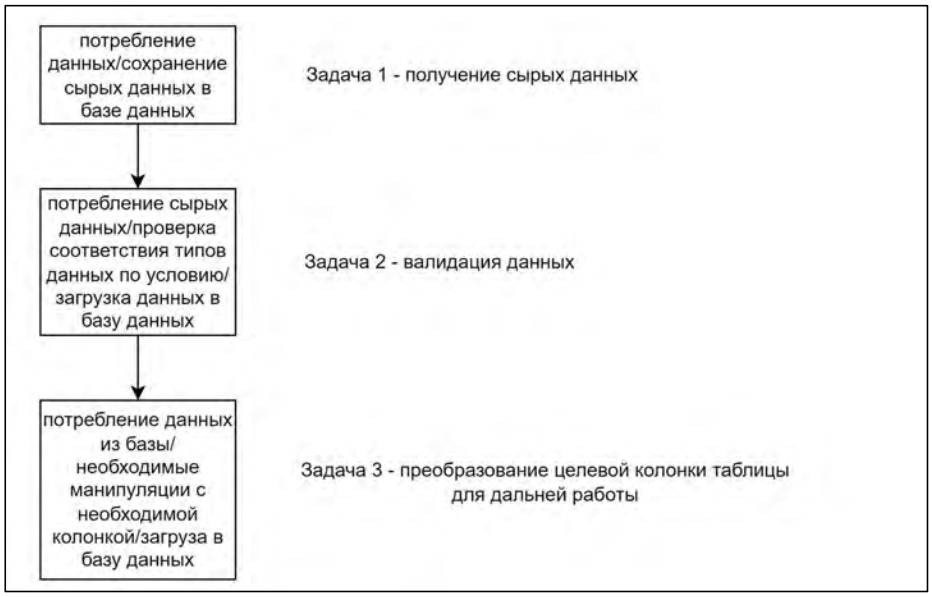


Рисунок 1. Теоретический пример распределения задач в узле

Узловой подход позволяет логически легко найти предпосылки для распределения обработки, а также выделения логический доменов, что позволяет добиться идеи единой ответственности. На рисунке 2 показан пример визуализации обработки данных на основании распределения бизнес-логики по заранее определенным критериям, позволяя однозначно понимать применение того или иного узла.

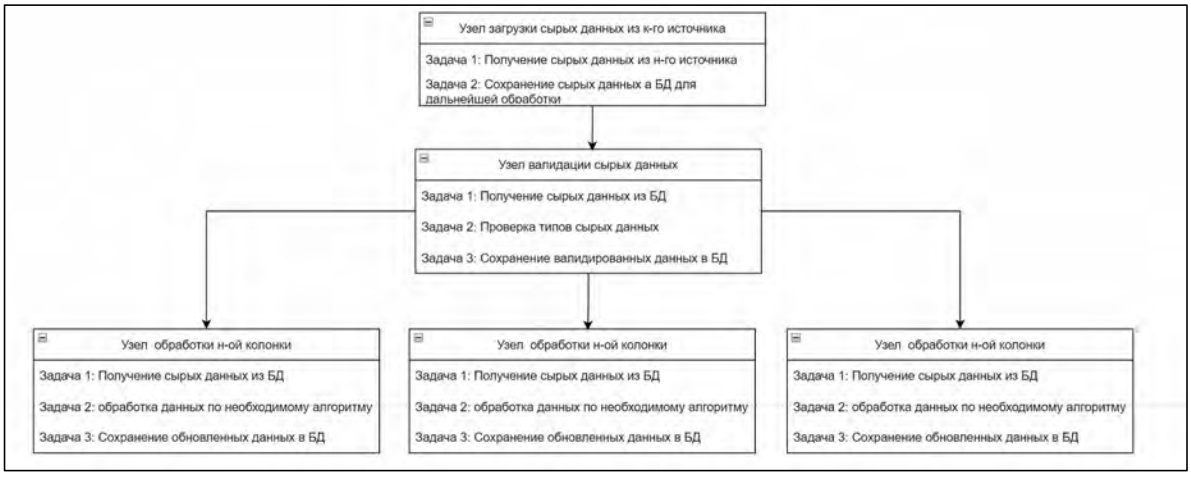


Рисунок 2. Построение пути выполнения и обработки данных, распределенные на выделенные узлы

При правильном построении архитектуры системы возможно добиться четкого и последовательного алгоритма не только обработки данных, но и доставки данных, улучшить работу с системами инфраструктуры. На рисунке 3 показано, что добавление дополнительных узлов не влечет за собой серьёзных конструктивных изменений.

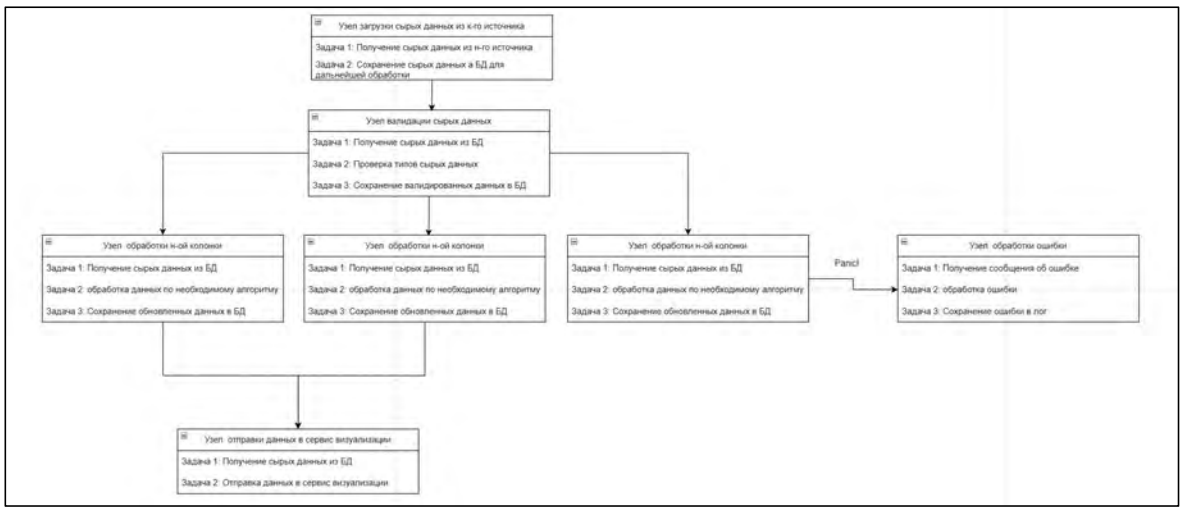


Рисунок 3. Добавление дополнительных узлов обработки и визуализации

Подобный подход позволяет неограниченно развивать архитектуру добавляя все новые и новые узлы либо удаляя старые по необходимости. Для подключения дополнительных узлов необходимо понимать данные, с которыми им придется работать, а также данные, которые мы планируем получить после выполнения необходимой работы. Подобный подход помогает четко понять границы и место применения той или иной логики, не внося серьезные изменения в уже сформировавшийся код.

Данные как ребра системы. Для любой узловой архитектуры крайне важно иметь связь. Это необходимо по ряду причин, основными из которых являются взаимодействие друг с другом.

Ребрами могут быть различные типы взаимодействия систем: сетевые протоколы, брокеры сообщений. В нашем случае мы оперируем данными, как связующим звеном. Подобный подход позволяет нам абстрагироваться от технических особенностей взаимодействия, и использовать архитектуру на любом уровне. Например, при работе на

одном сервере, различные узлы системы могут передавать данные через оперативную память. Распределив систему и используя микросервисную архитектуру, мы используем брокеры сообщений, но передаем все те же данные, что позволяет нам не менять кодовую базу, а лишь изменить вариант взаимодействия. Используемые данные всегда остаются той же структуры и того же типа.

Объединение всех элементов и внедрение логики узлов в поток обработки данных. Для более четкого понимания концепции необходимо поставить теоретическую задачу для построения путей решения и построения бизнес-логики, приближенную к вполне реальным условиям.

Задача: построить систему потребления данных от источника до конечного пользователя (сохранение в базу данных).

Дополнительные требования к системе:

- данные являются сырыми, без проверки типов;.
- получение данных выполняется при помощи *REST API*;
- в получаемых данных присутствуют взаимоисключающие колонки, не позволяющие получить все данные, один запросом;
- полученные данные имеют ретроспективное (отложенное) обновление данных;
- полученные данные не имеют уникального идентификатора;
- загрузка должна проходить по временным промежуткам.

По поставленным требованиям сразу же можно определить несколько концептуальных доменов для которых мы будем разрабатывать логику, а именно: система потребления данных, система обработки данных, система доставки данных, что показано на рисунке 4. Причем, в данном случае четко прослеживается иерархия и место каждого из доменов в общей картине приложения на основании чего мы можем четко определить направление потока данных.

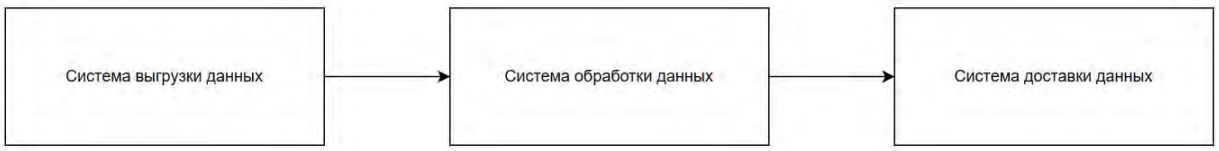


Рисунок 4. Представление доменов системы

Каждый домен имеет неопределенное количество единиц бизнес-логики, именно на этом этапе мы и вводим понятие узла. Использование узлов позволит нам не зависеть напрямую от кода и алгоритмов приложения, так как каждый узел для системы должен представлять собой черный ящик, единственная информация о котором будут входные и выходные данные. Это дает нам возможность неограниченно встраивать и изменять поведение системы без фундаментального изменения архитектуры. По своей природе, выше определенные домены, также можно назвать узлами более высокого уровня, необходимые для описания работы всей системы в целом. Рассмотрение каждого из них дает нам составные части целого и позволяют получить новые подробности о системе. В максимальном приближении любую систему можно разбить на узлы, представляющие собой одну функцию, выполняющую конкретное действие и передающие поток данных следующей функции-узла, однако подобное представление системы является труднодостижимым и бессмысленным, так как при таком подходе масштаб архитектуры будет расти пропорционально количеству атомарных шагов обработки данных.

Для нашего решения, предположим, что достаточным приближением будут являться классы, выполняющие определенные операции.

Рисунок 5. Первоначальный вариант системы потребления данных

Рассмотрим одну из систем, а именно систему выгрузки данных. На рисунке 5 показан достаточно простой и, можно сказать, первоначальный вариант работы системы потребления и сохранения данных, но даже на ней можно выделить два независимых узла, а именно узел потребления данных и узел сохранения данных, которые вполне обоснованно, можно назвать черными ящиками друг для друга, так как мы понимаем, что ожидаем на вход, а также конечный результат работы каждого из узлов не задумываясь о манипуляциях, проводимых над потоком данных внутри каждого из узлов. Проводя анализ теоретических требований, можно определить состав логической единицы «Получение данных из источника». По требованиям нам необходим *REST*-интерфейс получения данных, с конфигурируемым набором параметров. В связи с наличием ретроспективного обновления, а также загрузки данных по временным промежуткам, необходимо позаботиться о инструментах, позволяющих производить своевременную очистку таблиц, а также запуск задач по расписанию.

Расширенная версия узла загрузки данных принимает вид, показанный на рисунке 6:

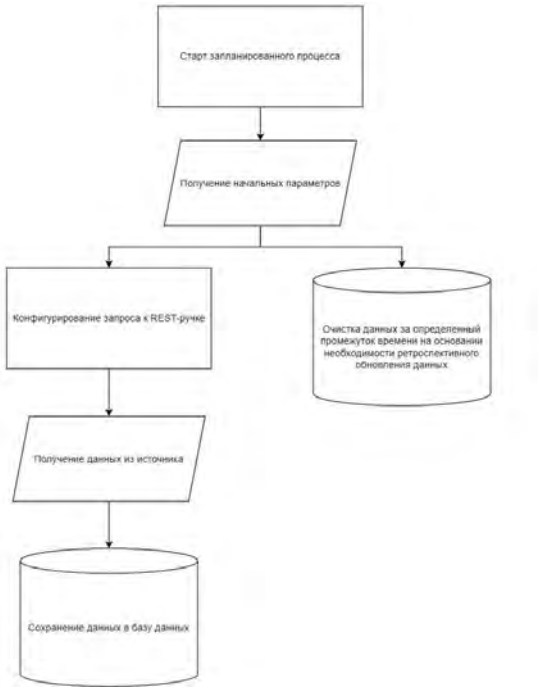


Рисунок 6. Уточненная структура узла потребления данных

В расширенной версии узла загрузки данных четко прослеживается путь данных, возможности расширения системы, не привязываясь к конкретной реализации.

Для подтверждения возможностей расширения подобного подхода к планированию и реализации бизнес-логики либо же логики обработки данных попробуем усложнить требования и добавить возможность обновления конфигурации запроса посредством предоставления json-файла с необходимыми параметрами. Для реализации данной доработки в условиях, описанных ранее, постараемся декомпозировать поставленную задачу сперва на логические, а затем и на структурные единицы. Обработка *json*-файла в данных условиях легко встраивается в архитектуру приложения в связи с ее прозрачностью и направленностью, позволяя нам однозначно понимать не только логическое место узла в общей схеме приложения, но и четко представлять ожидаемые входные и выходные данные, что показано на рисунке 7.

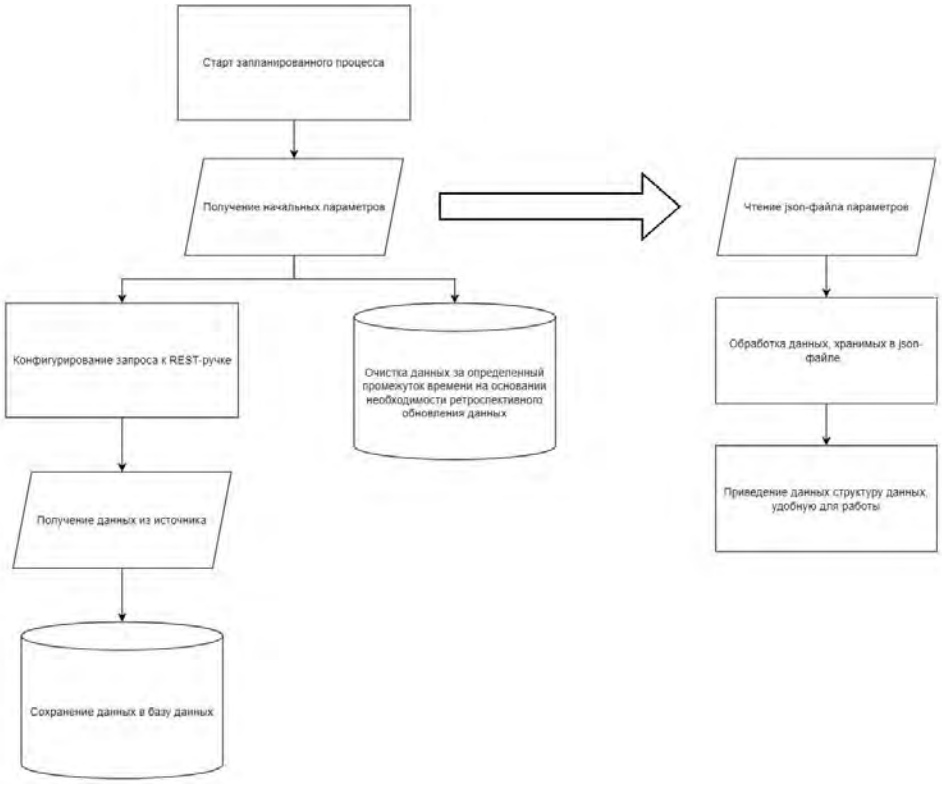


Рисунок 7. Добавление конфигурирования параметров запроса с использованием json-файла.

Подобную систему также легко и распределить между серверами. Каждый узел по своей природе независимый элемент системы, который можно выделить, при необходимости, в отдельный сервис, установив сообщение между узлами посредством брокеров сообщений или базы данных, тем самым перейдя к микросервисной архитектуре.

Заключение. Концепция узловой архитектуры применима на любом уровне системы, и может быть применена, как при монолитной архитектуре, так и при микросервисной. Использование, как связующего элемента данных, позволяет абстрагироваться от используемых средств обмена сообщениями и баз данных, позволяя сконцентрироваться на эффективной проработке бизнес-логики и описания процессов.

Узловая архитектура позволяет быстро и эффективно менять концепции разработки в зависимости от условий и требований, так как каждый узел является независимой единицей логики.

Каждую задачу узла, можно рассматривать как отдельный узел и также описывать задачами, что позволяет использовать вышеописанные принципы на любом уровне разработки.

Немаловажным фактом применения подобного подхода является удобство декомпозиции задач, так как на самом первом этапе мы понимаем тип входных данных, а также, зная узел, с которым связан или должен быть связан разрабатываемый узел, выходные данные. Соответственно наша задача, как разработчика сводится к тому, чтобы описать манипуляции, которые приведут нас от полученной структуры данных к искомой.

Список литературы

[1] Крис Ричардсон – Микросервисы. Паттерны разработки и рефакторинга. М.: Питер, 2019. – 544 с.

Авторский вклад

Бугаев Евгений Анатольевич – создание узловой архитектуры, ее описание и практическое применение.

CREATING A NODAL ARCHITECTURE FOR BUSINESS PROCESS DEVELOPMENT USING BATCH DATA PROCESSING AS AN EXAMPLE

E. A. Bugaev
Software Engineer
Whitesnake

Annotation. The analysis and analysis of node architecture implementation of data processing from various sources for their further processing, visualization and analysis is performed.
It is shown that it is possible to achieve transparent and end-to-end management of data flows, refinement or modification, simple addition of new logic, data sources or consumers by using nodes as logical units.

Keywords: Node, domain, Node Architecture.

УДК 378.016: 339.138

ИЗУЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОГО АСПЕКТА МАРКЕТИНГА В ЭПОХУ БОЛЬШИХ ДАННЫХ

Н.В. Павлов
Доцент института промышленного менеджмента, экономики и торговли СПбПУ, Dr. Sc., доцент
pavlov_nv@spbstu.ru

Н.В. Павлов
Окончил Ленинградский электротехнический институт (1980). Кандидат технических наук (1991). Доцент СПбПУ (с 1994), Doctor of Science (2016, Abo Academi University, Finland). Исследования и преподавание маркетинговых исследований, информационных систем, расширенного интеллекта.

Аннотация. Показано разнообразие использования информации в современном маркетинге, участвующие в обмене данными и информацией субъекты и объекты, структура связанных с этим вопросов, а также необходимость системного освещения их в процессе обучения студентов.

Разработана схема проверки полноты освещения информационных элементов маркетинга в программе обучения. Дан пример ее использования. Предложены меры обеспечения этой полноты.

Ключевые слова: маркетинг, информация, обучение, учебная дисциплина, учебная программа.

Введение. В настоящее время происходит прорыв в области больших данных и их использования в экономике. Данные фактически стали сырьем *XXI* века [1]. В предпринимательстве и, в частности, в области маркетинга значение информации, полученной из данных, трудно переоценить. При этом ее роль в этой области весьма разнообразна [2].

Однако, для успешного движения в этом направлении необходимо преодолеть некоторые проблемы.

Во-первых, это необходимость государственной поддержки и подготовки кадров в этом направлении. В указе Президента РФ от 21 июля 2020 г. N 474 «О национальных целях развития Российской Федерации на период до 2030 года», большое внимание уделяется цифровой трансформации: сбору данных, их передаче, хранению, обработке и анализу. Готовится новый национальный проект «Экономика данных» [3]. Федеральный проект «Кадры для цифровой экономики» входящий в состав национальной программы «Цифровая экономика Российской Федерации» [4], указывает на важность подготовки специалистов этого направления.

Во-вторых, необходимо преодолеть некоторую несогласованность в научных и учебных разработках, связанную с бурным развитием данной области.

Предлагаемая работа посвящена проблеме обеспечения системности в освоении студентами использования информации в маркетинге:

– обсуждению терминологического аппарата, в котором произошли определенные сдвиги;

– систематизации аспектов, связанных с информацией для маркетинга организации;

– обеспечению полного охвата всех аспектов информатизации в процессе обучения.

Систематизация терминологического аппарата. Некоторые из используемых терминов стали общеупотребительными, но при этом встречаются и устаревшие определения, и определения, пришедшие из смежных наук. Для целостности изложения необходимо обеспечить их системность.

Под термином Маркетинг понимаются самые различные понятия [5]. В рамках данной работы целесообразно использовать следующее определение.

Маркетинговая деятельность в организации – деятельность,

– обеспечивающая достижение целей субъекта (организации, госструктуры, личности);

– заключающаяся в формировании и удовлетворении потребностей клиентов.

Сведения – набор сигналов от физических процессов, воспринимаемых наблюдающим субъектом.

Данные – сведения, представленные в форме, пригодной для хранения, передачи и обработки.

Информация – полезные данные, снижающие неопределенность.

Знания – ответы на вопросы, позволяющие решить поставленную задачу. Ответ на вопрос «как».

Мудрость – понимание причин, ответ на вопрос «почему».

Все эти понятия объединяется в современной парадигме *DIKW* (*Data, Information*, *Knowledge*, *Wisdom*) – данные → информация → знания → мудрость [6].

Субъекты и объекты, участвующие в передаче данных и информации.

Организация:

– собирает данные для получения информации, в первую очередь – из Интернет, но также и из реального мира;

– получает данные и информацию от потребителей, партнеров и государственных органов;

– рассылает информацию потребителям, партнерам государственным органам;

– новая тенденция – получать информацию от искусственного интеллекта.

Итак, участвующими в движении маркетинговых данных и информации и данных являются:

– организация;

– объединение организаций, например – в целях кросс-маркетинга [7];

– потребители;

– общественные объединения потребителей [8];

– партнеры;

– объединения партнеров:

а) ассоциации поставщиков [9];

б) совместная деятельность [10];

в) системы управления цепочками поставок [11].

– реальная внешняя среда;

– информационная внешняя среда;

– искусственный интеллект;

– государственные органы.

Субъекты обмениваются как данными, так и информацией.

Искусственный интеллект призван передавать информацию в ответ на запросы к нему. Остальные элементы служат источниками данных.

Вопрос каналов взаимодействия между элементами представляет собой отдельную тему. Здесь для полноты картины следует лишь упомянуть, что передача информации происходит через область взаимодействий между перечисленными элементами (рисунок 1).

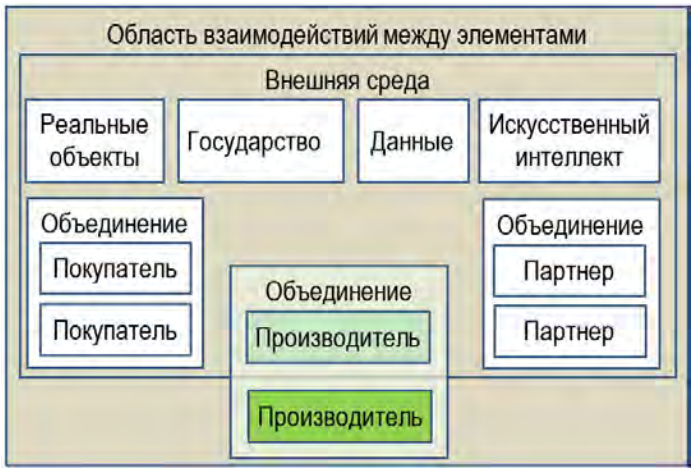


Рисунок 1. Объекты и субъекты информационного взаимодействия в маркетинге организации.

Последний, несколько нейтральный термин предлагается ввести потому, что существует неоднозначность в распространенных и, казалось бы, близких по смыслу понятиях:

1 Информационная среда:

– [12]: часть информационного пространства, ближайшее внешнее по отношению к индивиду информационное окружение;

– [13]: внешние источники информации (хотя в этом источнике нет ссылки на автора, но им часто пользуются студенты и его нельзя игнорировать);

– [14]: совокупность информационных каналов, потоков, сообщений;

– [15]: совокупность информационных средств, воздействующих на оператора.

Видно, что имеются в виду как источники информации, так и каналы ее передачи.

2 Информационное пространство:

– [16]: В этой работе имеется множество различных определений, наиболее подходящее из которых: «система взаимодействия субъектов и объектов окружающей среды, связанных посредством взаимодействия процессов производства и потребления сведений».

Это система взаимодействия, но нет центрального субъекта, а термин «сведения» также вызывает сомнения.

3 Информационное поле – понятие, используемое для элементов маркетинга: товара, бренда.

– [17]: совокупность информационных потоков или массивов информации, освещающих с той или иной степенью достоверности свойства и ценность товара и ориентированных для воздействия на потенциальных потребителей.

– [18]: информация, которая формирует общественное мнение.

Тут также имеются в виду или потоки, или собственно информация.

4 Информационная инфраструктура.

– [19]: Система организационных структур, подсистем, обеспечивающих функционирование и развитие информационного пространства и средств информационного взаимодействия. Эта система представляет совокупность информационных центров, подсистем, банков данных и знаний, систем связи, центров

управления, аппаратно-программных средств и технологий обеспечения сбора, хранения, обработки и передачи информации. При этом ее функционирование служит обеспечению доступа потребителей к информационным ресурсам.

Термин гораздо шире, чем обсуждаемое понятие.

Выводы из обзора указанной и дополнительно изученной литературы можно сделать следующие.

1 В основном работы по исследованию и систематизации данной области велись в первой половине 2010-х годов. Ввиду этого часто встречаются устаревшие значения терминов. Затем акцент сменился в область цифровизации. Но ограничиваться этой областью автор считает неправильным.

2 Используется очень неоднозначная терминология. В последние годы появились новые реалии. Ситуация продолжает быстро изменяться. Важным источником знаний становятся блоги, в которых оперативно отражаются эти изменения. При этом качество таких публикаций не всегда высокое, а в языке часто попадаются сленговые выражения.

3 Если раньше собранные ранее данные хранились в архивах и довольно редко использовались, то теперь накопленные в цифровом виде «большие данные» представляют собой важный и (пока потенциально) очень полезный объект исследования.

4 Новым самостоятельным «игроком» на рассматриваемом поле становится генеративный искусственный интеллект [20].

5 Единого, интегрирующего взгляда на проблему информатизации маркетинга найти не удалось.

Функции маркетинга, выполняемые организацией с использованием данных и информации. Эти функции сформированы на основе вышеприведенного рисунка.

1 Входящие потоки.

– Поиск и сбор цифровых данных.
– Сбор данных путем маркетинговых исследований.
– Сбор внутренних данных = маркетинговый аудит.
– Очистка данных.
– Хранение данных.
– Анализ данных = получение информации.
– Работа с искусственным интеллектом.
– Представление результатов анализа = информации.
– Получение информации от субъектов.
– Бенчмаркинг.
– Работа со знаниями = принятие решений.
– Мудрость = развитие фундаментальных знаний.

2 Выходящие потоки.

– Подготовка информации для потребителей (копирайтинг).
– Доставка информации потребителям.
– Обмен информацией с потребителем.
– Передача информации субъектам.

3 Каналы обмена данными.

4 Обеспечение действий потребителя.

– Формирование идеи покупки.
– Поиск товара.
– Выбор товара.
– Выбор продавца + оплаты + доставки.
– Взаимоотношения с продавцом Запросы сведений, предложения, оплата, гарантии.
– Послепокупочный этап сбора информации.

– Ремонт.

– Распространение мнения.

5 Интеграция функций работы с маркетинговой информацией.

Примерное распределение элементов по учебным дисциплинам показано в таблице. В ней не учитываются базовые дисциплины: информатика, математика, статистика, основы маркетинга.

Таблица 1. Возможное распределение изучения функций (столбцы) по учебным дисциплинам (строки)

	Поиск и сбор цифровых данных	Маркетинговые исследования	Маркетинговый аудит	Очистка данных	Хранение данных	Анализ (информация из данных)	Работа с ИИ	Представление информации	Получение инф. от субъектов	Бенчмаркинг	Принятие решений	Копирайтинг	Инф. --> потребителям (не цифра)	Инф. --> потребителям (цифра)	Дилог с потребителем	Передача информации субъектам	Каналы обмена данными (цифра)	Формирование идеи покупки	Поиск товара	Выбор товара	Выбор продавца + оплаты + доставки	Взаимоотношения с продавцом	Постпокупочный сбор информации	Ремонт	Распространение мнений	Интеграция
Информационные системы	+			+	+	-	-	-																		
Маркетинговые исследования		+				+		-		+	-															
Аудит			+																							
Деловые коммуникации									+							+										
Маркетинговые коммуникации												+	+	-	+			+	+	+	+	+	+		+	
Сервис																								+		
Информационная поддержка	-		?		-	-	+	+	-		-															+
Математические методы						+	-	-			+															
Разработка сайтов		-			-	-						-		-			+									
SMM												-		-			+	-	-	-	-	-	-		+	
Цифровой маркетинг	-				-	-								+	+		+	-	-	-	-	-	-		+	
Стратегический маркетинг			-		-	+		-	-	-	+															
Охват	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Кметь. Цифровой маркетинг 2023	+					+		-				+	-	+	+		+	-	-	-	-	-	-			

Здесь зеленым цветом и знаком «+» обозначен основной элемент содержания, а желтым и знаком «-» – затрагиваемый неполно. В итоге обучение будет комплексным, если все элементы будут глубоко изучены как основные хотя бы в одной дисциплине.

Комментарии.

1 Работа с внутренними данными освещается в таких дисциплинах, как Бухгалтерский учет; Аудит. К сожалению, эти предметы в настоящее время присутствуют не во всех курсах.

2 Для изучения обмена информацией с партнерами в традиционном виде может быть предложена дисциплина Деловые коммуникации. Возможно, два вышеперечисленных элемента могут быть объединены в дисциплину Документология.

3 Дисциплина Информационные системы в маркетинге – одна из немногих, в которой должны изучаться: поиск и автоматизированный сбор данных из Интернет, их очистка, хранение и предоставление для анализа. Однако, даже в современных учебниках, например, в [21] речь идет об информационных системах для менеджмента организации, но не о сборе данных для них. В настоящее время существуют более гибкие и легко расширяемые системы, например, децентрализованное хранение данных в сетке данных

[22], которые более приспособлены для работы с маркетинговыми данными изменчивой структуры и содержания.

4 Дисциплина Стратегический маркетинг призвана научить принятию решений на основе полученной при анализе информации, то есть в современном понимании – получить знания. Возможно включение в нее вопросов интеграции информационных элементов.

5 В нашей высшей школе возникла идея введения новой дисциплины – Информационной поддержки маркетинга для обеспечения полного охвата всех элементов. Примерное содержание этой дисциплины видно из таблицы. Важнейшими элементами автор выделил: работу с искусственным интеллектом, что студенты стали делать самостоятельно, но это зачастую наносит огромный вред, и представление информации для принятия решений, так как ни в одном курсе этот вопрос не изучается в полном объеме. Наконец, именно этот предмет призван интегрировать все элементы данной области в единую систему.

6 Дисциплина Цифровой маркетинг представлена в том виде, который хорошо вписывается в предлагаемую схему. Для примера в нижней строке дана структура нового учебника [23]. Видно, что для его полного использования структуру дисциплин следует изменить.

7 Видно, что Цифровой маркетинг как отдельная дисциплина – явление временное, так как принципы маркетинга остаются едиными.

8 Дисциплина Маркетинговые коммуникации охватывает огромную часть элементов, что требует большого объема учебной нагрузки, либо тщательного формирования содержания, либо выделения из него определенной части. Однако, разделять воздействие на клиента на цифровое и традиционное крайне нецелесообразно.

9 Предложенная схема, ввиду динамичности рассматриваемой области, не может быть окончательной. Очевидно, что содержание области маркетинговой информации будет расширяться. В частности, во весь рост встает вопрос этики использования Больших данных. Однако схема применима для анализа набора преподаваемых дисциплин на предмет полноты освещения такой важной области, как информация в маркетинге.

Заключение. Предложенная схема проверки полноты освещения вопросов, связанных с информацией в маркетинге, может быть использована для оценки программ обучения студентов и подбора учебных дисциплин.

Список литературы

[1] Вайгенд А. Big Data: Вся технология в одной книге. – М.: Эксмо. – 2021. – 384 с.

[2] Карминский С. Демистификация ИТ. Что на самом деле информационные технологии дают бизнесу. М.: ООО «Альпина Бизнес Букс». 2006. – 296 с.

[3] В России появится новый нацпроект – «Экономика данных». – URL https://digital.gov.ru/ru/events/45686/?utm_referrer=https%3a%2f%2fyandex.ru%2f

[4] Цифровая экономика Российской Федерации. – URL https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/858/.

[5] Что такое маркетинг - определения разных авторов. – URL https://upravlenie.org/883-chto-takoe-marketing-opredelenija-raznyh-avtorov.html.

[6] Duca A.L. Data Storytelling with Python and Generative AI. – Manning Publications. – 2023. – 182 p.

[7] Иванов Г.В. Что такое кросс-маркетинг. – 2020. – URL https://cyberleninka.ru/article/n/chto-takoe-kross-marketing.

[8] Общественные организации потребителей // Роспотребнадзор. – URL https://zpp.rospotrebnadzor.ru/organizations/customers.

[9] Топ 50 отраслевых и бизнес объединений: Деловые медиа // КРОС – акционерное общество развития общественных связей. - URL https://www.cros.ru/ru/exploration/landscape_part_detail/3490/.

[10] Хлавич В. Формы совместной деятельности компаний // Valen – Legal & Tax. – 2023. – URL https://valen-legal.com/ru/news/formy-sovmestnoj-deyatelnosti-kompanij/.

[11] Управление цепями поставок [Электронный ресурс]: учебное пособие / Д.Ю. Воронова, Л.Ю. Бережная; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019 – 169 с.

[12] Копытова Н. Е. Высшее образование в изменяющейся информационной среде // Вестник Тамбовского университета. Серия Гуманитарные науки. Тамбов, 2011. Вып. 11. С.130-136.

[13] Внутренняя и внешняя информационная среда организации // Студопедия. - URL https://studopedia.org/10-105250.html.

[14] Томпсон А.А., Стрикленд А Дж. Стратегический менеджмент: электронная книга. – М.: Юнити Дана. – 2022.

[15] ГОСТ Р 43.0.2-2006. Издание 2018.

[16] Добровольская И.А. Понятие «информационное пространство»: различные подходы к его изучению и особенности // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Литературоведение, журналистика. – 2014. – URL https://cyberleninka.ru/article/n/ponyatie-informatsionnoe-prostranstvo-razlichnye-podhody-k-ego-izucheniyu-i-osobennosti.

[17] Прихач Александр. Информационное поле товара – понятие и значение //Корпоративный менеджмент. – Обновлено 2018. – URL https://www.cfin.ru/press/practical/2004-11/02.shtml?printversion.

[18] Что такое инфополе и как оно формирует общественное мнение? // Компания Web строитель. – URL https://web-str.ru/blog/chto-takoe-infopole-i-kak-ono-formiruet-obshhestvennoe-mnenie.

[19] Горбнова Ю.И, Горбунова О.Н. Информационная инфраструктура: современная сущность, подотрасли ее составляющие // социально-экономические явления и процессы. – 2014. – URL https://cyberleninka.ru/article/n/informatsionnaya-infrastruktura-sovremennaya-suschnost-podotrasli-ee-sostavlyayuschie.

[21] White M. Generative AI for Business: The Essential Guide for Business Leaders. – 2024. – Wiley. – 288 p.

[21] Кожевникова Г.П., Одинцов Б.Е. Информационные системы и технологии в маркетинге. – М.: Юрайт. – 2023. – 444 с.

[22] Majchrzak J., Balnojan S., Siwiak M., Sieraczkiewicz M. Data Mesh in Action. – Manning. – 2023. – 328 p.

[23] Кметь Е.Б., Юрченко Н.А. Цифровой маркетинг. – СПб.: Лань. – 2023. – 128 с.

STUDYING THE INFORMATION ASPECT OF MARKETING IN THE ERA OF BIG DATA

N.V. Pavlov
Associate Professor of the Institute
of Industrial Management,
Economics and Trade, SpbPU,
Dr Sc (Technology),
Associate Professor

Abstract. The diversity of information in modern marketing is shown, as well as the structure of related issues, and the need for systematic coverage of them in the process of teaching students.

A framework for checking the completeness of coverage of information aspects in marketing within the training program is proposed. An example of its usage is given. Measures to ensure this completeness are discussed.

Keywords: marketing, information, training, academic discipline, curriculum.

УДК 004.522

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАСПОЗНАВАНИЯ РЕЧИ

М. Т. Мырадов
Заведующий кафедры «Информационные системы» Институт Телекоммуникаций и информатики Туркменистана,
maksat.myradow.92@mail.ru

Р. Б. Хыдыров
Начальник Научного отдела института Инженерно-технических и транспортных коммуникаций Туркменистана,
hyd.row@yandex.ru

М. Т. Мырадов
Заведующий кафедры «Информационные системы» Институт Телекоммуникаций и информатики Туркменистана.

Р. Б. Хыдыров
Начальник Научного отдела института Инженерно-технических и транспортных коммуникаций Туркменистана

Аннотация. Распознавание речи (*speech recognition*) – это процесс преобразования аудио сигнала, содержащего речь, в текстовую форму. Эта технология используется для различных целей, включая автоматическое распознавание команд в голосовых интерфейсах, транскрибирование аудиозаписей, преобразование речи в текст в системах диктовки и многое другое.

Ключевые слова: распознавания речи, преобразования аудио сигнала, аудио сигнал, *BIG DATA* в распознавании речи, цифровая обработка аудиосигнала.

Введение. Распознавание речи (*speech recognition*) – это процесс преобразования аудио сигнала, содержащего речь, в текстовую форму. Эта технология используется для различных целей, включая автоматическое распознавание команд в голосовых интерфейсах, транскрибирование аудиозаписей, преобразование речи в текст в системах диктовки и многое другое.

Распознавание речи основывается на алгоритмах машинного обучения и обработки сигналов. Сначала аудио сигнал разбивается на небольшие фрагменты, называемые фреймами. Затем фреймы анализируются с помощью методов обработки сигналов, например, выделение характеристик (например, спектральных коэффициентов) и алгоритмов классификации (например, скрытой марковской модели или нейронных сетей), чтобы определить, какие звуки или слова присутствуют в каждом фрейме.

После этого, преобразованные фреймы объединяются и используются для построения последовательности слов, которая представляет собой распознанный текст. Этот текст может быть дальше использован для различных задач, таких как автоматическая транскрипция, поиск информации или управление устройствами с помощью голосовых команд [1].

Сегодня сформировались 4 основных направления, в которых технология распознавания речи с машинным обучением смогла себя проявить:

1 Распознавание для систем голосового обслуживания и интерактивных автоответчиков. Они распространены в колл-центрах, сервисах самообслуживания, онлайн-банкинге. К их приветствиям и голосовым меню уже давно все привыкли.

Распознавание речи играет важную роль в системах голосового обслуживания и интерактивных автоответчиках. Оно позволяет компьютерной программе "понимать" и интерпретировать речь, произносимую пользователем, и предоставлять соответствующие ответы или выполнять требуемые действия.

Существует несколько типов технологий распознавания речи, которые применяются в таких системах:

1 Статистическое распознавание речи (*Statistical Speech Recognition*): Эта технология основана на использовании больших наборов данных для обучения моделей распознавания речи. Алгоритмы статистического распознавания речи анализируют акустические характеристики и последовательности звуков, чтобы определить, какое слово или фраза были произнесены.

2 Глубокое обучение (*Deep Learning*): Глубокое обучение – это раздел машинного обучения, основанный на моделях нейронных сетей с множеством слоев. Эти модели способны изучать и идентифицировать сложные образцы или шаблоны в данных, включая речь и звуковые сигналы. Технологии глубокого обучения все чаще используются для распознавания речи в системах голосового обслуживания.

3 Комбинированные модели: Некоторые системы используют комбинацию различных технологий распознавания речи для повышения точности и производительности. Например, можно использовать статистическое распознавание речи для предварительной обработки звуковых данных, а затем применить глубокое обучение для более точного и детализированного распознавания.

Однако, несмотря на значительные достижения в области распознавания речи, оно все еще имеет свои ограничения. Например, шумные и плохо записанные аудиофайлы могут затруднить точное распознавание речи. Кроме того, характеристики и акценты говорящего могут создавать сложности для систем распознавания.

В целом, технологии распознавания речи продолжают развиваться и улучшаться, что позволяет системам голосового обслуживания и интерактивным автоответчикам становиться все более точными и эффективными в общении с пользователями.

2 Распознавание и идентификация по голосу. Крупные банки используют его для идентификации клиентов по голосовому отпечатку, для голосовой подписи, а также в системах безопасности.

Распознавание и идентификация по голосу – это технологии, которые позволяют определить и проверить личность человека на основе его голоса.

Распознавание по голосу использует алгоритмы и модели машинного обучения для анализа уникальных характеристик голоса, таких как тембр, частота, интонация и ритм. Эти характеристики помогают создать уникальный голосовой профиль для каждого человека [2].

Идентификация по голосу осуществляется путем сравнения голосового профиля с заранее сохраненными данными в базе данных. Если голосовой профиль совпадает с профилем в базе данных, то система идентифицирует личность.

Технологии распознавания и идентификации по голосу широко используются в различных областях, включая банковское дело, безопасность, телефонию и медицину. Например, системы голосового банкинга позволяют клиентам осуществлять операции по телефону, используя только свой голос для идентификации. Также голосовые системы безопасности могут использоваться для контроля доступа в здания или для аутентификации пользователей в компьютерных системах.

Однако, стоит отметить, что распознавание и идентификация по голосу не являются 100% надежными и могут быть обмануты при использовании поддельного голоса или при наличии физических изменений голоса у человека.

3 Речевая аналитика звонков и переговоров. Предназначена для оценки отзывов и удовлетворённости клиентов, повышения качества работы операторов, выявления трендов при обращениях в службы поддержки и отделы продаж.

Речевая аналитика звонков и переговоров – это процесс анализа и интерпретации речи в телефонных разговорах и переговорах с помощью технологий обработки естественного языка и машинного обучения.

Речевая аналитика звонков может использоваться для различных целей, таких как контроль качества обслуживания клиентов, обнаружение мошенничества, анализ эмоционального состояния или настроения собеседника, анализ эффективности продаж и других бизнес-процессов.

Технологии речевой аналитики звонков включают в себя распознавание речи, извлечение ключевых слов и фраз, определение тональности и эмоционального состояния говорящего, классификацию и категоризацию разговоров, а также построение статистических моделей и прогнозов на основе данных из разговоров.

Речевая аналитика звонков может быть полезной для компаний, чтобы улучшить качество обслуживания клиентов, повысить эффективность продаж, выявить проблемы в бизнес-процессах и принять меры для их улучшения. Она также может быть использована в области безопасности для обнаружения мошенничества или незаконной деятельности.

Однако, при использовании речевой аналитики звонков следует учитывать проблемы конфиденциальности и соблюдения законодательства о защите персональных данных. Компании должны обеспечить соответствие своей деятельности требованиям закона и уведомлять своих клиентов о том, что их разговоры могут быть записаны и проанализированы.

4 Голосовое управление. Применяется во многих сферах, например: в быту для управления «умным» домом, электронными приборами, даже имейлом и браузерами; в автопромышленности для привычных навигаторов, а скоро и для управления беспилотным автотранспортом.

Голосовое управление – это технология, которая позволяет людям взаимодействовать с компьютерами, устройствами и системами с помощью голосовых команд. Она основана на распознавании и обработке речи с целью выполнения определенных задач или операций.

Голосовое управление может быть использовано в различных сферах, включая домашнюю автоматизацию, мобильные устройства, автомобили, медицину, образование и бизнес. С помощью голосового управления люди могут выполнять такие задачи, как отправка сообщений, поиск информации в Интернете, управление устройствами в доме (например, светом, температурой), навигация по маршруту в автомобиле и многое другое.

Основными технологиями голосового управления являются распознавание и синтез речи. Распознавание речи позволяет компьютерам интерпретировать голосовые команды и преобразовывать их в текст или операции. Синтез речи, в свою очередь, позволяет компьютерам генерировать голосовые ответы или инструкции для пользователя.

Голосовое управление имеет ряд преимуществ, таких как удобство использования, повышение эффективности и производительности, а также доступность для людей с ограниченными возможностями. Однако, оно также имеет свои ограничения, такие как возможность неправильного распознавания речи или недостаточной точности в определенных условиях (например, шумном окружении).

В целом, голосовое управление является одной из важных технологий, которая продолжает развиваться и находить все большее применение в различных областях нашей жизни.

Существует несколько новых технологий, которые используются для распознавания речи:

1 Глубокое обучение: Применение глубокого обучения позволяет создавать более точные модели распознавания речи. Глубокие нейронные сети могут изучать сложные шаблоны и обнаруживать скрытые закономерности в речевых данных, что повышает качество и точность распознавания.

2 Рекуррентные нейронные сети (*RNN*): *RNN* – это тип нейронной сети, который способен обрабатывать и анализировать последовательные данные, такие как речь. Они сохраняют информацию о предыдущих состояниях, что помогает учесть контекст и зависимости между звуками и словами.

3. Рекуррентные сверточные нейронные сети (*CRNN*): *CRNN* являются комбинацией сверточных и рекуррентных нейронных сетей. Они позволяют совмещать преимущества сверточных слоев, которые помогают распознавать низкоуровневые аудиофункции, с возможностью учета контекста и последовательности, предоставляемой рекуррентными слоями.

4. Методы передаточного обучения: Передаточное обучение позволяет использовать предварительно обученные модели на больших исходных данных для улучшения производительности распознавания речи. Модели, обученные на больших наборах данных, могут быть использованы для инициализации новых моделей и последующего дообучения на более специфических данных.

5. Техники улучшения качества данных: Дополнительные техники, такие как улучшение качества аудио, устранение шума и реверберации, могут помочь улучшить точность распознавания речи. Это может включать применение алгоритмов шумоподавления, цифровой фильтрации и других методов обработки сигнала.

Эти новые технологии и методы способствуют значительному улучшению производительности систем распознавания речи и широкому применению в различных областях, включая автоматический диктовки текста, разговорные ассистенты и системы управления голосом.

BIG DATA в распознавании речи является важной исследовательской областью, которая имеет огромный потенциал для улучшения точности и эффективности систем распознавания речи. С использованием больших объемов данных, мы можем применять анализ данных и различные алгоритмы машинного обучения, чтобы достичь высокой степени распознавания и понимания человеческой речи. Это имеет широкий спектр применений, включая разработку голосовых помощников, создание систем автоматического распознавания речи, определение настроения и эмоций из речи, а также многое другое.

Например, благодаря большим объемам данных, мы можем обучить систему распознавать различные акценты, диалекты и речевые особенности, что делает ее более гибкой и адаптивной к различным пользовательским потребностям. Это особенно полезно для разработки голосовых помощников, которые могут работать с людьми разных культур и национальностей. Также, большие объемы данных способствуют улучшению процесса обучения системы, что позволяет снизить количество ошибок и создать более надежные и точные системы распознавания речи.

Одним из интересных применений *BIG DATA* в распознавании речи является определение настроения и эмоций из речи. Благодаря анализу больших объемов данных, можно выявить характеристики и особенности речи, которые свидетельствуют о

настроении человека. Это может быть полезно в различных областях, включая маркетинг, клиентское обслуживание и психологию.

В целом, *BIG DATA* в распознавании речи открывает множество возможностей для улучшения коммуникации и взаимодействия с помощью голосовых технологий. Большие объемы данных позволяют создавать более интеллектуальные и адаптивные системы, которые способны лучше понимать и отвечать на потребности пользователей. С каждым днем мы узнаем все больше о том, как использование *BIG DATA* может преобразить наш опыт работы с голосовыми интерфейсами и распознаванием речи.

Цифровая обработка аудиосигнала: проблемы и решения. Цифровая обработка аудиосигналов привела к существенным изменениям в области записи и управления звуком. Однако, несмотря на все преимущества цифрового звука, существуют некоторые проблемы, связанные с чрезмерным усилением аудиосигнала в цифровой среде. В этой статье мы рассмотрим причины чрезмерного шума и возможные пути решения этой проблемы.

Ограничение, также известное как ограничение, происходит, когда амплитуда аудиосигнала слишком высока для отображения на цифровом носителе. При этом пиковый уровень сигнала отсекается, что приводит к искажению звука и потере динамического диапазона. Эта проблема часто возникает при записи и мастеринге музыкальных композиций.

Могут быть различные причины усиления аудиосигнала в цифровой среде. Одна из них – неправильная настройка уровней записи. Если уровень записи слишком высок, сигнал может превысить максимально допустимое значение и может произойти клиппирование. Это также может произойти во время микширования и мастеринга, если аудиосигнал не обработан должным образом.

В цифровой среде существует несколько подходов к решению проблемы передискретизации аудиосигнала. Во-первых, вам необходимо правильно настроить уровни записи. Ключевым моментом здесь является достижение баланса между достаточно высокими уровнями сигнала, чтобы сохранить детализацию, и достаточно низкими уровнями, чтобы избежать клиппирования [1].

Во-вторых, вы можете использовать специальные алгоритмы сжатия и ограничения, которые позволяют контролировать динамический диапазон аудиосигнала. Сжатие позволяет уменьшить разницу между самым громким и самым тихим звуками, а лимитирование не позволяет сигналу превысить максимально допустимый уровень.

Также важно учитывать характеристики конкретного цифрового формата, используемого для записи и воспроизведения аудиосигнала. Некоторые форматы могут иметь ограничения на максимальный уровень сигнала, поэтому выбирайте формат, учитывающий необходимый вам динамический диапазон.

Следует отметить, что выбросы аудиосигнала могут быть нежелательным явлением в цифровой среде. Это особенно важно в таких профессиональных областях, как студийная запись и режиссура звука, где качество звука имеет решающее значение.

Туркменская буква А отличается от других букв тем, что она обозначает звук [a], который является открытым передним гласным. В туркменском языке этот звук может быть долгим или коротким, в зависимости от положения в слове и наличия ударения. Например, в слове алма (яблоко) буква А обозначает долгий звук [a:], а в слове ат (лошадь) – короткий звук [a]. Также, туркменская буква А может быть частью диграфа Аа, который обозначает звук [ɑ], который является открытым задним гласным. Например, в слове аалам (мир) буква Аа обозначает звук [ɑ]

В разные периоды истории туркменского языка буква А писалась по-разному. В арабской письменности, которая использовалась до 1928 года, буква А писалась с помощью арабской буквы алиф. В латинице-яналифе, которая использовалась с 1928 по

1940 год, буква А писалась так же, как и в современной латинице. В кириллице, которая использовалась с 1940 по 1993 год, буква А писалась так же, как и в русском алфавите. В современной латинице, которая используется с 1993 года по настоящее время, буква А пишется так же, как и в латинице-яналифе

Туркменская буква А отличается от русской буквы А тем, что она может быть частью диграфа Аа, который обозначает звук [ɑ], который является открытым задним гласным. Например, в слове аалам (мир) буква Аа обозначает звук [ɑ]. Также, туркменская буква А может быть надстрочным знаком «циркумфлекс» (ˆ), который служит для обозначения долготы гласных в словах арабского и персидского происхождения. В русском языке таких знаков нет.

Русская буква А отличается от туркменской буквы А тем, что она всегда обозначает звук [а], который является открытым передним гласным. В русском языке этот звук может быть ударным или безударным, в зависимости от положения в слове. Например, в слове ра́зный буква А обозначает ударный звук [*а*], а в слове ро́знь — безударный звук [*а*]. Также, русская буква А может быть частью разных буквосочетаний, таких как ау, ао, аэ, которые обозначают соответствующие дифтонги. Например, в слове авто́бус буква А обозначает дифтонг [*au*].

Туркменская модель распознавания голоса отличается от других тем, что она специально адаптирована для туркменского языка, который имеет свои особенности фонетики, грамматики и лексики. Также туркменская модель учитывает различные диалекты и акценты, которые могут встречаться в речи носителей туркменского языка. Туркменская модель использует современные методы машинного обучения и обработки естественного языка, чтобы достичь высокой точности и скорости распознавания голоса. Туркменская модель может применяться в разных сферах, таких как образование, здравоохранение, бизнес, туризм и др.

Другие модели распознавания голоса могут отличаться от туркменской по ряду параметров, таких как:

– Язык или языки, которые они поддерживают. Некоторые модели могут распознавать только один язык, другие могут распознавать несколько языков или даже переводить речь с одного языка на другой.

– Методы и алгоритмы распознавания речи, которые они используют. Некоторые модели могут основываться на статистических или нейронных сетях, другие могут использовать правила или шаблоны.

– Архитектура системы распознавания речи, которая определяет, как происходит обработка и передача речевого сигнала. Некоторые модели могут работать в режиме онлайн или офлайн, другие могут работать на локальном устройстве или на удаленном сервере.

– Приложения и цели, для которых они созданы. Некоторые модели могут быть специализированы для определенных задач или доменов, другие могут быть универсальными или адаптивными.

Теперь посмотрим на общение туркменского языка с другими языками:

1 Galyň

[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 1.8372901e-06, 0.0021463048, -0.00065699883, 0.0011694628, 0.0005780997, 0.00090964924, 0.0023731706, 0.36976808, -0.09002273, -0.18889533, 0.013359557, 0.029345099, -0.07667064, -0.022750532, -0.09647286, 0.01741997, 0.006388563, -0.009117429, 0.0011819443, -0.0041174744, -0.001189196, -0.00086708, -0.0026997093, 0.0023305258, -0.0013775838, 0.00049126043, 0.00048636287,

-0.0005392069, -0.0005627414, 0.001556347, -0.0026535941, 0.00065200834, 0.0008123335, -0.003130231]

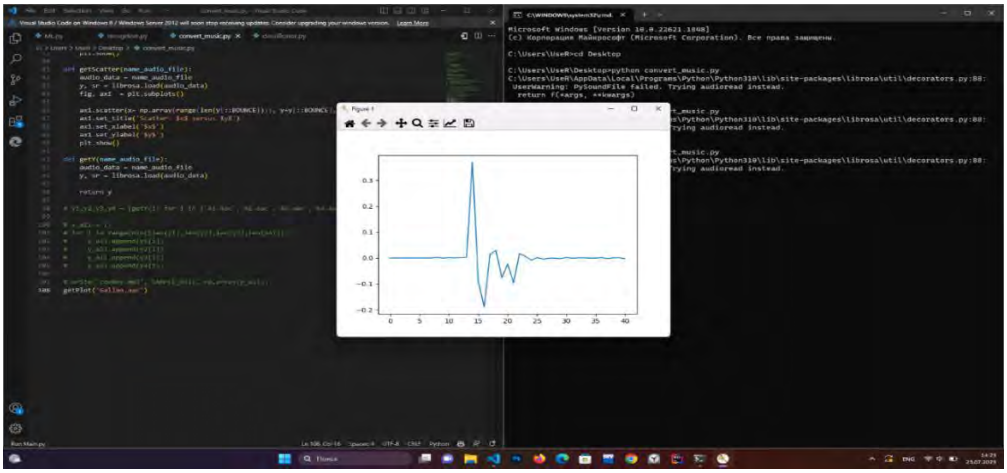


Рисунок 1. Спектограмма слова «*Galyň*»

2 Хлеб

[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, -7.070387e-05, -0.0007108364, 0.0013004278, -0.00020348698, 0.003172811, 0.0017472361, -0.0056980136, 0.001056354, -0.00040601083, -0.00027398035, 0.0040313196, 6.3943444e-05, 0.0034262876, 0.004594876, -0.0005809597, 0.01720382, 0.16767077, 0.091864705, -0.11550929, 0.0210597, -0.00052442326, 0.010957343, -0.0012078126, 0.0054858434, -0.0024814683, -2.8397384e-05, 0.0019544598, -0.00022891922, 0.002090315, -0.001053638, -0.0024105515, -9.216722e-05, -0.0010083001, 0.0035980109, -0.0012208977, 0.0019506499, -0.0008992838, -0.0011744745]

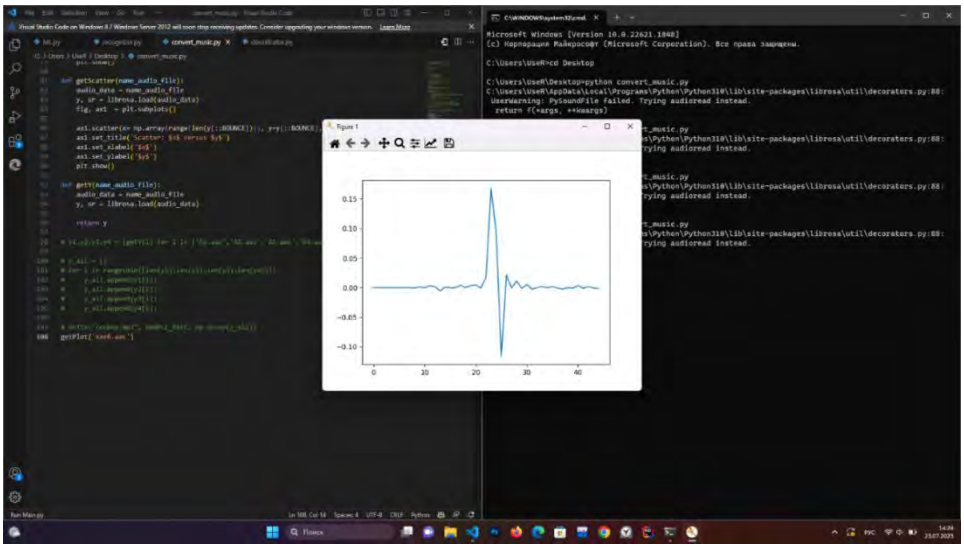


Рисунок 2. Спектограмма слова «Хлеб»

3 Car

[0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 0.0, 5.265972e-05, -0.0012408087, 0.0017302174, 0.0022520719, 0.0010935117, -0.00021780284, -0.0011149977, 0.0028004688, 0.016202055, 0.2799708, 0.029356796, 0.06212503, -0.16084166, -0.004478919, -0.0924315, -0.020218002, 0.023306465, -0.0009708171, -0.0070251557, 0.0035064754, -0.0026175305, 0.0024730577,

-0.0006635411, 0.0013180777, 0.00061744143, -0.0005611405, -0.00045245292, -0.0007941218, -0.0019001411, 0.0044609047, 0.0012176798]

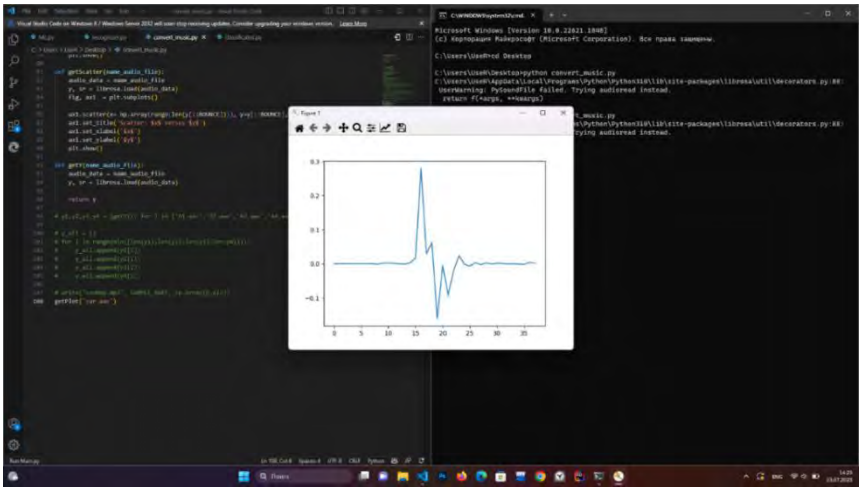


Рисунок 3. Спектограмма слова «*Car*»

Заключение. В результате перегрузка аудиосигнала в цифровой среде становится проблемой, с которой сталкиваются как звукорежиссеры, так и музыканты. Однако эту проблему можно преодолеть, правильно настроив уровни записи, используя специализированные алгоритмы и учитывая требования цифровых форматов. Управление уровнями и динамическим диапазоном имеет решающее значение для поддержания качества звука и достижения оптимального звучания при обработке цифровых аудиозаписей.

Список литературы

[1] Богданов Д.С – «Методы создания и использования речевых баз данных и инструментальных средств анализа и исследования речи для развития речевых технологий» автореферат кандидата технических наук, 2013 г.

[2]Чекмарев А. Речевые технологии - проблемы и перспективы. // Компьютерра, 26-43, 1997 г.

Авторский вклад

Авторы внесли равноценный вклад.

MODERN TRENDS IN SPEECH RECOGNITION

Myradov M. T.
Head of the Department of Information Systems, The Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan

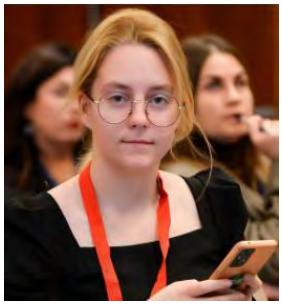
Hydyrov R. B.
Head of the Scientific Department of The Institute of Engineering-technical and transport communications of Turkmenistan

Annotation. Speech recognition is the process of converting an audio signal containing speech into text form. This technology is used for a variety of purposes, including automatically recognizing commands in voice interfaces, transcribing audio recordings, converting speech to text in dictation systems, and much more.

Keywords: speech recognition, audio signal conversion, audio signal, BIG DATA in speech recognition, digital audio signal processing.

УДК 339.138:004.9

BIG DATA КАК ИНСТРУМЕНТ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МАРКЕТИНГОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ



Фролова Д. А. *Преподаватель кафедры экономики БГУИР, магистр экономических наук*
frolova.profstud@gmail.com

Герман Е. Ю.
Студентка инженерно-экономического факультета БГУИР
germanliiza@gmail.com

Д. А. Фролова.
Окончила БГУИР. Область научных интересов связана с развитием и внедрением новых технологий в маркетинговые практики, с механизмами влияния маркетинговых возможностей на формирование и развитие конкурентного бизнеса, нейромаркетинг.

Е. Ю. Герман
Обучается в БГУИР. Область научных интересов связана с изучением различных успешных маркетинговых стратегий, анализом эффективности онлайн-продвижения в сравнении с традиционными методами.

Аннотация. В данной статье рассматривается значимость для маркетинга такой технологии как большие данные (*Big Data*). С помощью анализа большого массива информации, полученной от клиентов, можно существенно оптимизировать процесс выявления потребностей целевой аудитории.

Ключевые слова: потребности клиентов, целевая аудитория, дескриптивная аналитика, описательная аналитика, предиктивная аналитика, прескриптивная аналитика.

Введение. Использование *Big Data* в маркетинге предоставляет компаниям ценные инсайты и позволяет принимать более обоснованные стратегические решения. С помощью анализа больших данных компании могут получить более глубокое понимание своих клиентов, конкурентов и рынков, выявить на тенденции и паттерны, которые могут быть использованы для разработки новых продуктов и развития бренда. Однако, использование *Big Data* требует не только технических знаний, но и умения правильно интерпретировать полученные результаты и принимать на их основе взвешенные стратегические решения.

Внедрение *Big Data* – сложная и дорогостоящая задача, требующая специализированного программного обеспечения, экспертов и соответствующей инфраструктуры. Однако результаты опроса *Economist Intelligence Unit* [1] подтверждают положительный эффект от внедрения *Big Data* в регионе Азиатско-Тихоокеанского региона.

Таблица 1. Результаты исследования *Economist Intelligence Unit*

	Процесс, в который были внедрены Big Data	0%	До 10%	11-25%	26%-50%	Более 50%	Процесс не был улучшен	Средневзвешенная оценка полезности
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Соблюдение нормативных требований	36	13	19	23	3	7	14,08
2	Регуляторное соответствие	13	16	32	29	7	3	22,46
3	Управление рисками							
4	Управление и передача знаний	10	16	45	19	7	3	21
5	Точность прогнозирования	19	10	42	26	3	0	20,24
6	Принятие стратегических решений.	3	19	26	42	10	0	29,19
7	Разработка новых продуктов	10	19	36	29	7	0	23,8
8	Понимание новых рынков	7	19	29	39	7	0	26,34
9	Адаптация к изменяющимся условиям рынка.	10	10	39	32	10	0	27,23
10	Понимание потребностей целевой аудитории.	3	16	42	29	10	0	26,96
11	Средняя полезность	0	5,50%	18%	38%	75%	-15%	

Таблица 1 разработана на основании результатов исследования *Economist Intelligence Unit*. В рамках данного исследования специалистов из различных компаний (отраслевая структура респондентов представлена на рисунке 1), которые внедрили технологии *Big Data*, попросили оценить с какими рабочими процессами аналитика *Big Data* помогла больше всего [3].

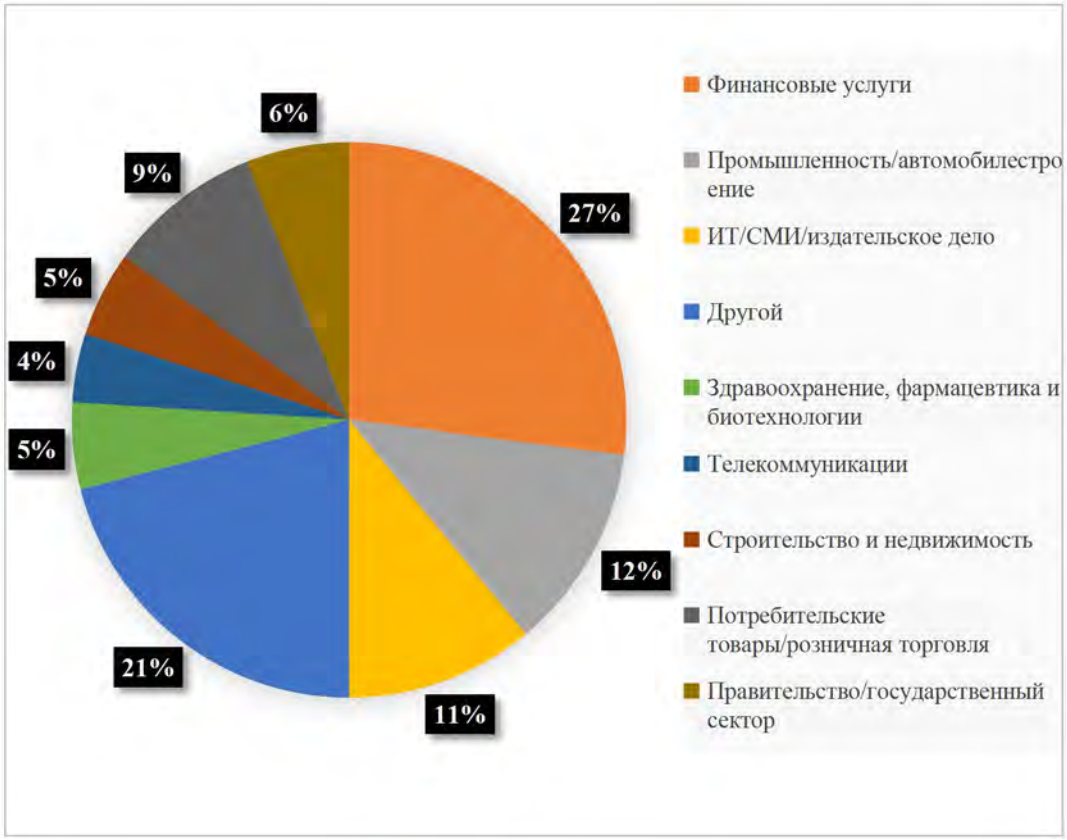


Рисунок 1. Отраслевая структура респондентов опроса

Сотрудникам из различных компаний необходимо было присвоить каждому процессу процентный диапазон, на сколько *Big Data* усовершенствовала данный аспект работы. Диапазоны представлены в столбцах 2-7 включительно, в ячейках записано количество респондентов. Например, число 29 на пересечении задачи *Risk management* и диапазона 26%-50% означает что 29 человек утверждают, что *Big Data* улучшило *процесс Risk management* на 26%-50%.

В строке 11 записана средняя полезность, которая рассчитывается следующим образом: если улучшения в процессе, после внедрения *Big Data*, оценивались как 11%-25%, то средняя полезность равна 18% ((11%+25%)/2). Данный показатель дает возможность получить количественные данные вместо качественных.

В последнем столбце рассчитана средняя взвешенная оценка полезности *Big Data* в каждом из процессов, что дает возможность количественно оценить в каких задачах был наибольший прогресс при внедрении *Big Data*.

На основании результатов исследования и расчетов. представленных в таблице, можно сделать вывод о том, что после внедрения технологии *Big Data*, значительные улучшения появились следующих направлениях работы компаний:

1 Адаптация к изменяющимся условиям рынка.

2 Понимание потребностей целевой аудитории.

3 Принятие стратегических решений (постановка долгосрочных целей и выбор инструментов их достижения).

Для решения задач, представленных выше подходит определенный тип анализа *Big Data*.

Для адаптации к условиям рынка хорошо подойдёт предиктивная аналитика. Этот метод еще называют прогнозным или предсказательным, т. к. позволяет предвидеть неизвестные события в будущем, отвечая на вопрос «Что может случиться?» на основе

анализа накопленной информации. Для этого используется множество методов: сценарное прогнозирование, математическая статистика, моделирование, машинное обучение и другие области *Data Science*, а также интеллектуальный анализ данных (*Data Mining*). Поэтому для формирования оптимальных управленческих решений на основе данных необходимо, прежде всего, накопить релевантный объем информации, достаточный для корректного обучения алгоритмов *Machine Learning* [2].

Предиктивная аналитика может успешна применять для в различных областях (маркетинге, финансах, здравоохранении, производстве и логистике и др.) для прогнозирования будущих событий и тенденций на основе собранных данных. Например, в сфере телекоммуникации предиктивную аналитику можно использовать для прогнозирования нагрузки на сеть и предотвращения перегрузок. А в сфере финансов для прогнозирование рыночных трендов и анализа финансовых данных для предсказания будущих изменений на рынках.

Ритейлер бытовой электроники *Best Buy* с помощью предиктивной аналитики определил, что увеличение вовлеченности сотрудников (*engagement employees*) на 0,1% приводит к увеличению годового дохода на $100 000. Такие результаты побудили пересмотреть периодичность внутреннего аудита вовлеченности: теперь его проводят ежеквартально, а не раз в год [3].

Дескриптивная аналитика (описательная) представляет собой метод анализа данных, который описывает и систематизирует основные характеристики и свойства набора данных.

Описательная аналитика отвечает на вопрос «Что произошло?» и предоставляет общий обзор данных и использует статистику для измерения, подсчета и визуализации. Этот тип анализа помогает выявить основные характеристики данных, закономерностей, идентифицировать основные тенденции и описать ключевые параметры. Описательная аналитика отвечает на вопрос «Что произошло?».

Дескриптивная аналитика в маркетинге может быть использована для более глубокого понимания потребностей целевой аудитории путем анализа данных о ее поведении, предпочтениях и характеристиках, графически это отражено на рисунке 2:

1 Анализ покупательского поведения:

– использование данных о покупках для выявления наиболее популярных продуктов или услуг;

– оценка частоты и среднего чека покупок для выделения основных трендов.

2 Демографический анализ:

– исследование демографических данных (возраст, пол, местоположение и другие характеристики) для создания портрета типичного клиента;

– сегментация аудитории на основе демографических данных для более точного понимания различий в потребительском поведении.

3 Анализ отзывов и обратной связи:

– изучение отзывов и комментариев клиентов для выявления основных проблем и пожеланий;

– оценка уровня удовлетворенности клиентов и выявление областей для улучшения продуктов или услуг.

4 Мониторинг социальных медиа:

– анализ активности в социальных сетях для выявления трендов и обсуждений, связанных с брендом;

– изучение реакции аудитории на различные маркетинговые и рекламные кампании.

5 Анализ поисковых запросов:

– изучение данных по поисковым запросам, связанным с продуктами или услугами, для определения актуальных тем и интересов аудитории;

– оценка популярности и конкурентоспособности ключевых слов.

6 Оценка эффективности каналов коммуникации:

– анализ метрик взаимодействия (*CTR*, конверсии) для различных каналов маркетинга (реклама, электронная почта, социальные сети);

– выделение наиболее эффективных каналов для взаимодействия с целевой аудиторией.

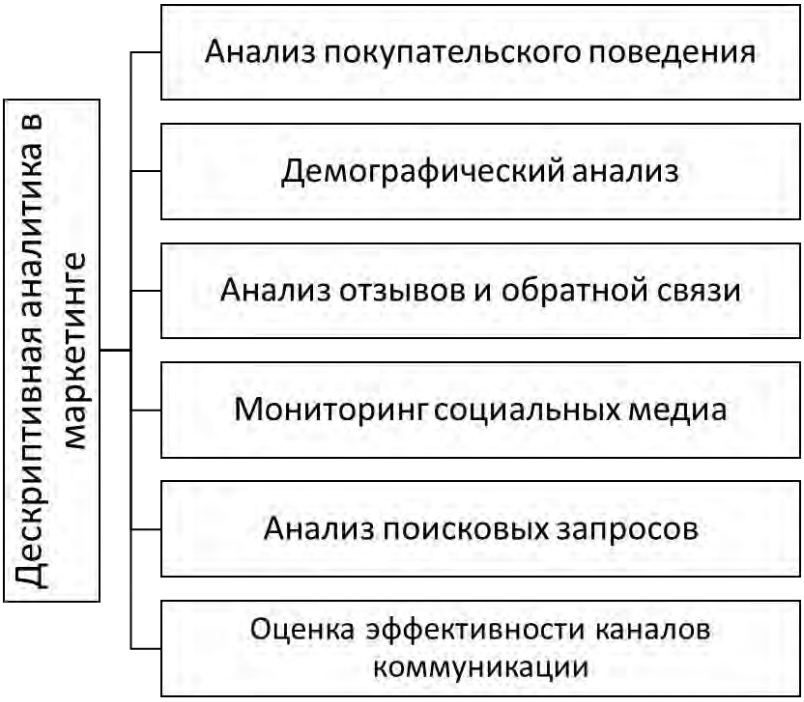


Рисунок 2. Способы использования дескриптивной аналитики в маркетинге.

Так, например, *Cartao Elo* – компания, владеющая 11% от всех выпущенных пластиковых платежных карт в Бразилии, поставила цель вывести взаимоотношение с клиентом на уровень персонализированных предложений. В итоге, компания внедрила *DataLake* на платформе *Cloudera*, в котором, помимо данных о транзакциях, хранится прочая «неструктурированная» информация из социальных сетей, геолокаций мобильных устройств клиентов, погоды и пробках на дорогах. В *DataLake* хранится 7 тБ информации, и ежедневно добавляется до 10 гБ. Источниками этой информации служат:

– операции по кредитным картам;

– мобильное приложение компании;

– мобильные телефоны пользователей.

Для построения системы анализа *Big Data* используются *Cloudera Enterprise*, *Apache Sentry*, *Apache Impala*, *Cloudera Navigator*, *Oracle Database Appliance*, а также такие инструменты аналитики как *Qlik*, *SAS* [4].

Данный кейс об использовании *DataLake* на платформе *Cloudera* в бразильской компании *Cartao Elo* предоставляет отличный пример того, как технологии анализа больших данных могут быть успешно внедрены для более глубокого понимания потребностей клиентов и предоставления им персонализированных продуктовых предложений. Например, сейчас компания может даже отправлять своим клиентам промо-акции ресторана, пока они в нем находятся. Планируется, что в будущем это может стать дополнительным источником дохода компании.

Дескриптивная аналитика позволяет маркетологам сформировать более точное представление о своей аудитории, выявлять ключевые моменты в ее взаимодействии с компанией и принимать обоснованные решения на основе полученных данных, создавая

персонализированных предложений, соответствующие их уникальным требованиям. Также компании могут адаптировать свои предложения, учитывая предпочтения клиентов в различных этапах покупательского цикла. Эта информация помогает создавать контент, который будет близок к интересам аудитории.

Для принятия эффективных стратегических решений полезно использовать прескриптивную аналитику. Прескриптивная аналитика – метод анализа, который ориентирован на предоставление рекомендаций по принятию решений, направленных на оптимизацию бизнес-процессов и достижение конкретных целей. Данный вид аналитики использует результаты дескриптивной (описательной) и предиктивной (прогностической) аналитики, чтобы предложить наилучшие варианты действий для достижения определенных целей.

Прескриптивная аналитика отвечает на вопрос «Что следует предпринять?» и направлена на оптимизацию принятия бизнес-решений. Например, в производственной сфере аналитика используется для оптимизации графика производства, распределения ресурсов и управления производственными операциями, а также может помочь оптимизировать цепочку поставок, предоставляя рекомендации по улучшению эффективности, управлению запасами и прогнозированию спроса.

Например, американская сеть медицинских центров *Aurora Health Care* ежегодно экономит $6 млн, применяя предписывающую аналитику. Они сумели снизить частоту повторных госпитализаций на 10%. Внедрения инструментов прескриптивной аналитики, для обеспечения максимальной эффективности лечения, помогает оптимизировать распределение медицинских ресурсов (персонал и оборудование). Алгоритмы могут предоставлять врачам рекомендации по наилучшим методам лечения на основе данных о пациентах, симптомах заболевания и результатов предыдущих случаев [5].

Прескриптивная аналитика часто используется в различных отраслях, включая бизнес, здравоохранение, финансы, логистику и многие другие, для оптимизации процессов и повышения эффективности принятия управленческих решений. Согласно исследованию *AMR Research, Inc*. (американская исследовательская компания), только в 2019 году объем мирового рынка предиктивной аналитики оценивался в $7,32 млрд, а к 2027 году он достигнет $35,45 млрд, ежегодно увеличиваясь на 21,9% [6].

Заключение. Таким образом, внедрение аналитики больших данных, а также применение таких методов аналитика, как дескриптивная аналитика, описательная аналитика, предиктивная аналитика, прескриптивная аналитика, может существенно улучшить бизнес-процессы вашей компании. Значительный прогресс у иностранных компаний был отмечен в адаптация к изменяющимся условиям рынка, понимание потребностей целевой аудитории, принятие стратегических решений (постановка долгосрочных целей и выбор инструментов их достижения).

Список литературы

[1] The hype and the hope or the road to big data adoption in Asia-Pacific Commissioned by A report from The Economist Intelligence Unit [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://impact.economist.com/perspectives/sites/default/files/HDS_exec%20summary_FINAL.pdf – с.29.

[2] Анна Вичугова: Какая бывает аналитика: предиктивная, описательная и еще 2 вида аналитики больших данных [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bigdataschool.ru/blog/types-of-data-analytics.html

[3] FIN ASSESSMENT: Предиктивная аналитика в HR — модный тренд или жизненная необходимость? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://finassessment.net/blog/predictiv-analitika-hr

[4]Cloudera [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.cloudera.com/about/customers/cartao-elo.html

[5] РБК Тренды: Что такое Big Data и почему их называют «новой нефтью» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://trends.rbc.ru/trends/innovation/5d6c020b9a7947a740fea65c#card_5d6c020b9a7947a740fea65c_4

[6] Антон Ларин: От дескриптивной к прескриптивной аналитике: как компании принимать управленческие решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://f5devs.ru/blog/ot-deskriptivnoy-k-preskriptivnoy-analitike-kak-kompanii-prinimat-upravlencheskie-resheniya/

Авторский вклад

Фролова Дарья Александровна – постановка задачи исследования по теме публикации, анализ существующих исследований и публикаций, связанных с использованием больших данных для повышения эффективности маркетинговых инструментов, представленных в статье.

Герман Елизавета Юрьевна – описание типов анализа Big Data и практических примеров использования методов, представленных в статье, составление таблицы по результат исследования.

CUSTOMER NEEDS, DESCRIPTIVE ANALYTICS, PREDICTIVE ANALYTICS, PRESCRIPTIVE ANALYTICS

D. A. Frolova
Teacher at the Department of Economics, BSUIR, Master of Economic Sciences (2014).

L. Y. Herman
Born in 2003 in Minsk. In 2020, she graduated from Gymnasium No. 40 in Minsk. In the same year, she enrolled at BSUIR for a paid program in «Digital Marketing» at the Engineering and Economic Faculty.

Abstract. This article explores the significance of Big Data technology for marketing. Through the analysis of a large volume of information obtained from customers, it is possible to significantly optimize the process of identifying the needs of the target audience.

Keywords: customer needs, descriptive analytics, predictive analytics, prescriptive analytics.

УДК 004.522

АНАЛИЗ ПОТОКА ДАННЫХ

Гылычтаганов Ш.
Заведующий кафедры «Программное обеспечение информационных технологий»
Институт Телекоммуникаций и информатики Туркменистана,
gylyctaganow@bk.ru

Ш. Ю. Тедженов
Преподаватель кафедры «Программное обеспечение информационных технологий»
Институт Телекоммуникаций и информатики Туркменистана,
tejenowshirmyrat@gmail.com

Гылычтаганов Ш.
Заведующий кафедры «Программное обеспечение информационных технологий» Институт Телекоммуникаций и информатики Туркменистан.

Ш. Ю. Тедженов
Преподаватель кафедры «Программное обеспечение информационных технологий», Институт Телекоммуникаций и информатики Туркменистана

Аннотация. В связи с распространенным использованием датчиков и сетей инструменты мониторинга, большие объемы данных или «большие данные» сегодня перемещаться по конвейерам обработки данных предприятия в потоковом режиме мода. Хотя некоторые компании предпочитают размещать свои данные инфраструктура обработки и услуги в виде частных облаков, другие полностью передают эти услуги публичным облакам. В любом случае, пытаясь сначала сохранить данные для последующих анализ приводит к дополнительным затратам ресурсов и нежелательным задержкам в получении действенной информации. В результате предприятия все чаще используют системы обработки потоков данных или событий. и в дальнейшем хотим расширить их с помощью комплексной онлайн-аналитики и возможности майнинга.

Ключевые слова: потоки данных, обработка сложных событий, ассоциация майнинг правил, потоковый майнинг, корреляция, априори, рост *FP*.

Введение. Что такое *Big Data* (большие данные)? Большие данные имеют четыре измерения, которые чрезвычайно затрудняет управление: объемом, разнообразием, Скорость и достоверность, также известные как «4*Vs of Big Data*». [13]. Многие организации сегодня, включая телекоммуникационные операторы, сайты электронной коммерции, банки, муниципалитеты, СМИ сети, а правительства генерируют терабайты данных ежедневно. Они также пытаются установить этот высокий уровень «объемные» данные в базы данных, которые уже содержат петабайты. Данные поступают из различных источников, таких как мобильные устройства, веб-журналы, датчики, камеры и т. д., что создает «разнообразие» для данных, подлежащих обработке и хранению (например, неструктурированный текстовый файл, полуструктурированный *XML*,

структурированный *CSV*, реляционный или двоичный аудио/видео данные). Новая распределенная обработка данных были изобретены такие фреймворки, как *Apache Hadoop* [2] исключительно для работы с объемом и разнообразием данных за последние десятилетие. Система *Hadoop* сегодня широко используется компаниями облачных вычислений, такими как *Google*, *Yahoo*, *Facebook* и многими другими, для крупномасштабного хранения данных (*HDFS*), параллельной обработки (*MapReduce*) и складирования (*Hive*). *Hadoop* обычно развертывается как частная облачная служба, но сегодня несколько поставщиков также предоставляют ее в качестве общедоступной облачной службы.

Хотя объем и разнообразие всегда были проблемой для управления данными, их растущая «скорость» является новой проблемой 21 века [13]. Попытка сначала сохранить эти данные, чтобы затем проанализировать их, приводит к дополнительным затратам, нежелательным задержкам в получении полезной информации и потере возможностей для бизнеса. К счастью, сейчас существуют инструменты для оперативной обработки данных по мере их перемещения от распределенных источников (например, датчиков) к выбранным пунктам назначения. Поскольку количество источников данных и частота выборки постоянно растут, обработка данных в оперативной памяти по-прежнему остается большой проблемой. Этот документ посвящен только анализу и анализу данных потокового текстового журнала и не охватывает обработку закодированных типов мультимедиа (изображений и аудио/видео).

Потоковая передача данных от датчиков также подвержена ошибкам, что снижает их «правдивость» (или точность). Кортежи могут отсутствовать, быть поврежденными, иметь неправильный порядок или иметь неверные значения. В таблице 1 показаны примеры данных из реального приложения для отслеживания автобусов, в котором показано несколько таких случаев. Система случайно удалила нули из младших цифр долготы и широты местоположений автобусов (обозначенных жирным шрифтом), пропустила несколько кортежей (на момент 7:26 существует только 1 из 3 записей) и, возможно, вставила неточные значения скорости (0, 1 км/ч).

Большинство этих проблем анализа больших данных можно решить за счет использования систем управления потоками данных (*Data Stream Management Systems- DSMS*) [1,4] в конвейерах данных организаций. Поэтому предприятия все чаще используют эти системы и расширяют свои базовые средства фильтрации за счет комплексных возможностей онлайн-аналитики и интеллектуального анализа данных. Полученные в результате программные средства иногда называют в литературе механизмами обработки сложных событий (*Complex Event Processing- CEP*) [6]. Преимущества использования систем *DSMS* и *CEP* заключаются как минимум в трех аспектах:

1 Они могут удалять нежелательные данные на ранних этапах конвейера, экономя дополнительные затраты на процессор, память, хранилище и электроэнергию.

2 Они могут быстро превращать необработанные данные в полезную информацию, тем самым помогая предприятиям использовать выгодные возможности или избегать потерь из-за мошенничества или операционной неэффективности.

3 Они могут выявить временные или возникающие закономерности, которые никогда не проявляются при автономном анализе данных.

Кратко суть нашей статьи такова: мы реализуем и демонстрируем, что как статистический анализ (например, корреляция потоков), так и интеллектуальный анализ данных (например, интеллектуальный анализ правил) могут быть реализованы в одной и той же системе и использоваться для различных приложений реального времени. Мы также показываем, что как для инструментов аналитики, так и для инструментов интеллектуального анализа семантика временных окон (тип и размер) может иметь

большое влияние как на производительность, так и на удобство использования в различных приложениях.

Таблица 1: Пример данных из реальной системы слежения автобусов

BUSID	LONGITUTE	LATTITUDE	SPEED	DATE & TIME
00-123	28,863,169	4,105,348	42	12/8/2009 7:23
00-123	2,886,469	41,052,845	3	12/8/2009 7:23
00-123	28,866,064	41,052,856	26	12/8/2009 7:23
00-123	28,867,975	410,522	37	12/8/2009 7:24
00-123	2,886,879	4,105,189	1	12/8/2009 7:24
00-123	28,869,068	41,051,792	6	12/8/2009 7:24
00-123	28,869,884	41,051,376	16	12/8/2009 7:25
00-123	28,870,121	41,051,258	0	12/8/2009 7:25
00-123	2,887,055	41,051,044	16	12/8/2009 7:25
00-123	28,870,613	4,105,191	15	12/8/2009 7:26
00-123	28,868,597	4,105,249	46	12/8/2009 7:27
00-123	28,866,816	4,105,319	19	12/8/2009 7:27
00-123	288,657	41,053,898	20	12/8/2009 7:27

Остальная часть статьи состоит в следующем. В разделе 2 мы даем обзор систем *DSMS* и *CEP* и описываем архитектуру нашей системы анализа и интеллектуального анализа потоков данных. В разделе 3 мы покажем приложение для использования статистических корреляций, в частности *Pearson Product Moment Correlation* (*PPMC*), в потоках *GPS* и предоставим некоторые результаты по производительности и удобству использования. В разделе 4 мы обсуждаем интеграцию двух алгоритмов *ARM* (*Apriori* и *FP-Growth*) в *Esper*, даем сравнение их производительности и описываем, как их можно использовать для поддержки механизма рекомендаций музыки в реальном времени. Мы обсуждаем соответствующую работу в разделе 5. Мы завершаем статью в разделе 6 и обсуждаем будущую работу.

Кратко суть нашей статьи такова: мы реализуем и демонстрируем, что как статистический анализ (например, корреляция потоков), так и интеллектуальный анализ данных (например, интеллектуальный анализ правил) могут быть реализованы в одной и той же системе и использоваться для различных приложений реального времени. Мы также показываем, что как для инструментов аналитики, так и для инструментов интеллектуального анализа семантика временных окон (тип и размер) может иметь большое влияние как на производительность, так и на удобство использования в различных приложениях.

Остальная часть статьи состоит в следующем. В разделе 2 мы даем обзор систем *DSMS* и *CEP* и описываем архитектуру нашей системы анализа и интеллектуального анализа потоков данных. В разделе 3 мы покажем приложение для использования статистических корреляций, в частности *Pearson Product Moment Correlation* (*PPMC*), в потоках *GPS* и предоставим некоторые результаты по производительности и удобству использования. В разделе 4 мы обсуждаем интеграцию двух алгоритмов *ARM* (*Apriori* и *FP-Growth*) в *Esper*, даем сравнение их производительности и описываем, как их можно использовать для поддержки механизма рекомендаций музыки в реальном времени. Мы

обсуждаем соответствующую работу в разделе 5. Мы завершаем статью в разделе 6 и обсуждаем будущую работу.

Системная архитектура. Механизмы *DSMS* обеспечивают эффективную организацию очередей, планирование, поддержку окон времени и счета, а также быструю обработку в памяти высокоскоростных, непрерывных, неограниченных потоков данных [1]. Они анализируют, оптимизируют и выполняют запросы, написанные на декларативных языках, таких как язык обработки событий (*Event Processing Language-EPL*) в *Esper*. Синтаксис и семантика *EPL* очень похожи на синтаксис и семантику языка структурированных запросов (*SQL*) в базах данных, но есть дополнительные предложения, такие как *WINDOW*, для поддержки скользящего или переворачивающегося анализа на основе окон по потокам данных. На рисунке 1 показаны эти два типа окон. Скользящие временные окна используются для буферизации кортежей событий, время возникновения которых попадает в определенный период времени (например, последняя 1 минута), а также для замены событий, которые старше временного окна. Окно будет перемещаться или «скользить» во времени с периодом, который обычно меньше размера окна, и поэтому две эпохи событий перекрываются. Аналогично, окна скользящего счетчика буферизуют последние *X* событий. С другой стороны, переворачивающиеся окна переходят к следующей эпохе, перемещаясь на размер окна, и данные между двумя эпохами событий не перекрываются. Другие типы окон включают «Ориентир» и «Затухание» [9], где первый учитывает события от прошлого ориентира до настоящего времени, а второй придает больший вес недавним событиям. В этой статье мы используем только раздвижные окна, а остальное оставляем на будущее.

Рисунок 1. Семантика «переворачивающегося» и «скользящего» окна

Запросы *EPL* можно использовать для непрерывной фильтрации (например, *SELECT x,y FROM Stream<x,y,z> WHERE*…), а также для агрегирования: алгебраического (*COUNT*, *SUM*, *AVERAGE*) или целостного (*MIN*, *MAX*). Также можно найти или реализовать сложные функции агрегирования, такие как *TOP-K*, *DISTINCT*, *QUANTILES* и *SKYLINE*.

Потоковая аналитика и архитектура майнинга. На рисунке 2 показаны компоненты и высокоуровневая архитектура нашей системы анализа потоков данных. Высокоскоростные потоки необработанных данных сначала обрабатываются операторами *Select* и *Project* внутри *DSMS*, чтобы избавиться от нежелательных кортежей в дальнейшем в конвейере данных. Объем данных можно уменьшить по строкам (Выбрать) и/или по столбцам (Проект). По сути, на этом этапе выполняется этап предварительной обработки потокового майнинга. Остальные пункты сложной аналитики и майнинга реализованы внутри системы *CEP* [6], которая развертывается либо как частная, либо как общедоступная облачная система (см. часть *B*). Данные из потоков можно коррелировать между собой или с данными, хранящимися в постоянных репозиториях, таких как *DBMS* и системы *NoSQL*. *NoSQL* («*Not-only SQL*») – это общий термин для широкомасштабируемых распределенных механизмов хранения и обработки данных в сочетании с декларативным или процедурным языком для аналитики. Примеры включают *Apache HBase*, *Cassandra*, *MongoDB* и многие другие. Сегодня во многих частных облаках с высокоскоростной обработкой потоков событий системы *NoSQL* используются для поддержки очередей событий для расширения окон корреляции.

Новые операторы *CEP*, разработанные в этой статье, обозначены знаком бабочки на рисунке 2: агрегат (корреляция) и потоковый анализ (*Apriori* и *FP-Growth*). Мы описываем интеграцию алгоритмов машинного обучения с *Esper* в разделе *IV.C*. Статистические результаты и оповещения отправляются в системы управления бизнес-процессами и средства визуализации для дальнейших действий. Цикл обратной связи, показанный на выходе системы *CEP*, означает регистрацию правил, полученных в результате прогнозного анализа, обратно в механизм *CEP* для более быстрой описательной обработки. Например, правило ассоциации, такое как ($A\&B \Rightarrow C$), можно зарегистрировать как последовательность <<*A*,*B*>,*C*>. Однако мы откладываем эту автоматическую регистрацию правил в системе частного облака *CEP* до будущих работ.

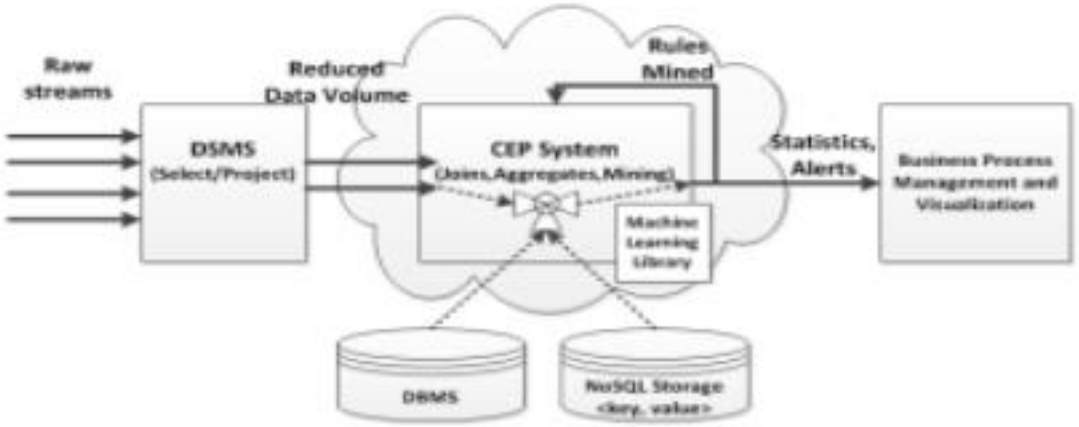


Рисунок 2. Аналитика потоков данных и архитектура системы интеллектуального анализа данных.

Развертывания в публичном и частном облаке для потоков. Большинство организаций сохраняют потоковые данные в своих частных сетях, поскольку эти данные обычно имеют критически важное значение. Поэтому они также предпочитают модель развертывания аналитики потоков данных на основе частного облака (совместного использования). Однако также возможно перенаправлять потоки данных в общедоступную или общественную облачную службу аналитики и майнинга для предварительной или последующей обработки, если эта служба ближе к данным, чем собственные серверы компаний, и надежна. Определения частных и публичных облаков также довольно расплывчаты: некоторые организации могут считать облака внутри (соответственно снаружи) сетевого домена компании или страны частными (соответственно публичными). Что касается проблем с производительностью, потоковая передача данных на ближайшее вычисление или передача вычислений на данные, когда это возможно, являются более дешевой альтернативой, чем попытка переместить большие объемы данных на удаленные вычисления.

ПОТОКОВАЯ АНАЛИТИКА – КОРРЕЛЯЦИЯ. В этом разделе мы описываем нашу реализацию оператора корреляции момента продукта *Pearson* (*PPMC*) для потоков и показываем его применение для сопоставления маршрутов в потоках данных *GPS*. Короче говоря, корреляция – это ковариация двух переменных, деленная на их стандартные отклонения. Значение корреляции может изменяться в диапазоне [-1,+1], где +1 обозначает высокоположительную корреляцию, 0 обозначает отсутствие корреляции и -1 обозначает сильноотрицательную корреляцию. В этой статье, чтобы сопоставить автобус с его ранее записанным маршрутом или обеспечить совместное движение двух

транспортных средств, мы реализовали и использовали следующие непрерывные запросы по широте и долготе транспортных средств (на рис. 3 показана долгота):

```
SELECT CorrelationLong

FROM VehiclePairStream.

WIN:length(50).stat:correl(a.long, b.long)

SELECT CorrelationLat

FROM VehiclePairStream.

WIN:length(50).stat:correl(a.lat, b.lat),
```

где *VehiclePairStream* создается путем объединения двух потоков (*a*, *b*). На рисунке 3 показаны временные ряды данных о долготе, собранные для двух разных автобусов на одном и том же маршруте. Две переменные потока также могут принадлежать текущему исследуемому автобусу и его заранее записанному маршруту.

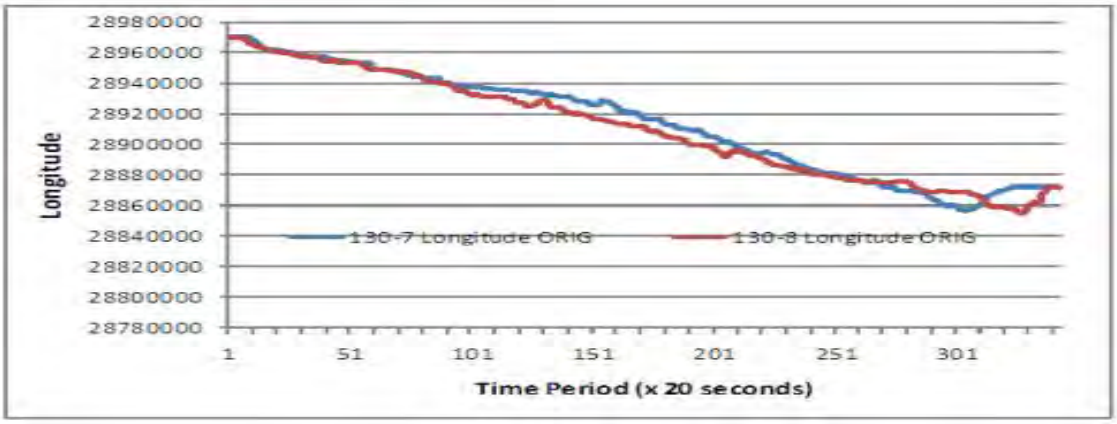


Рисунок 3. Долготная информация в реальном времени по сравнению с записанной или сгруппированные долготы транспортных средств. Эти данные используются для корреляции.

Получен путем усреднения долгот автобусов, ежедневно курсирующих по одному и тому же маршруту. Цель состоит в том, чтобы постоянно отслеживать автобусы и обнаруживать аномалии в режиме реального времени, такие как разделение групп, выезд за пределы маршрута или значительные задержки движения.

На рисунке 4 показаны результаты корреляции для разных размеров скользящего и переворачивающегося окна (25-50-100). Если корреляция C ниже определенного порога (например, $C < 0{,}8$), может быть сгенерирован сигнал тревоги. Автобус либо сбился с маршрута, либо не движется вовремя, и то, и другое указывает на аномалии. Обратите внимание, что окна меньшего размера содержат меньше данных для сравнения, поэтому, когда автобусы движутся, даже немного по-другому. друг с другом, значение корреляции за этот период резко падает. Таким образом, маленькие окна приводят к высокому уровню ложных срабатываний. Для больших размеров окон, например, 50–100, этот эффект компенсируется, поскольку одна шина обычно догоняет другую (или одна и та же шина компенсирует свою переходную задержку на одном и том же маршруте в разное время). Чтобы уменьшить объем обработки и вывода, мы могли бы использовать переключающиеся окна, которые публикуют результаты только в конце периода времени или периода подсчета. Мы обнаружили, что «переворачивающееся окно» по сути является

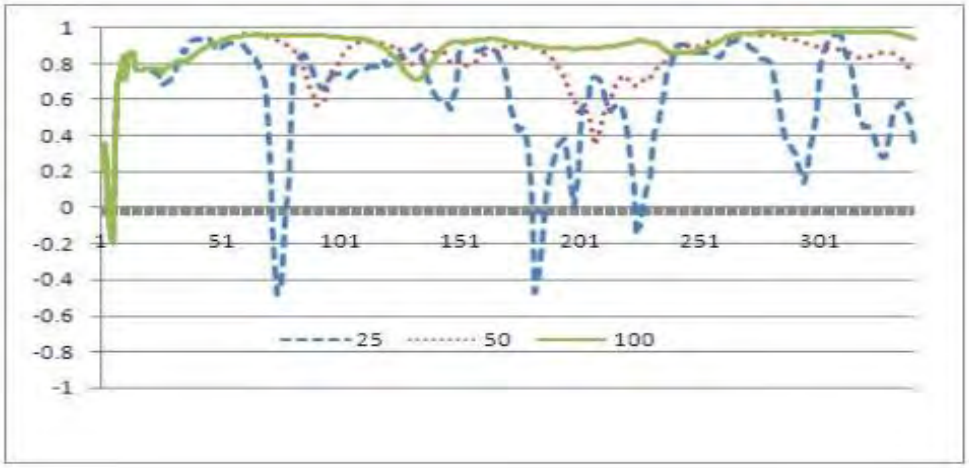
дискретной версией непрерывного скользящего окна, и оба публикуют аналогичные результаты корреляции. Поэтому для краткости мы опускаем результаты в переворачивающихся окнах и отсылаем пользователей к нашей предыдущей работе [3]. Как показано на рисунке 4*b*, изменение размера скользящего окна не влияет на задержку обработки, поскольку части формулы корреляции вычисляются постепенно. Для переключающихся окон задержка увеличивается с размером окна, поскольку все данные, собранные до конца временного интервала, обрабатываются одновременно. Этот вывод согласуется с мотивами быстрых инкрементных обновлений (*FUP*), используемых при поиске часто встречающихся наборов элементов в потоках [7,8,9].

ПРАВИЛА ДОБЫЧИ НАД ПОТОКАМИ. В этом разделе описываются реализации алгоритмов *Apriori* и *FPGrowth* для потоков данных и их применение в качестве механизма рекомендаций музыки в реальном времени.

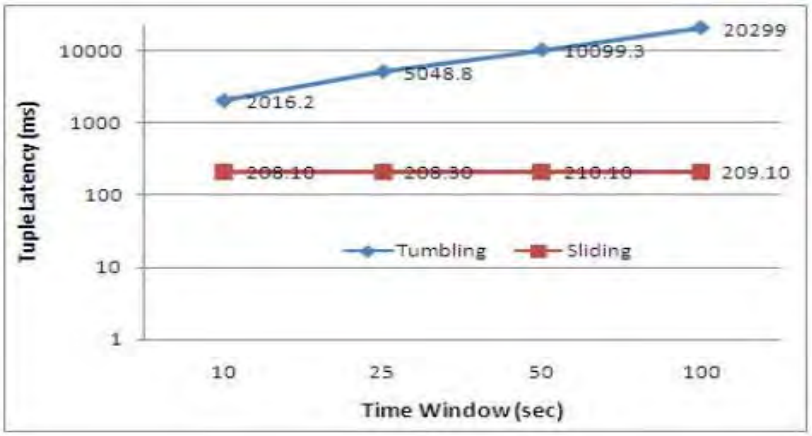
Алгоритмы интеллектуального анализа правил ассоциации (*Association Rule Mining-ARM*)

В правиле ассоциации, обозначаемом $X \Rightarrow Y$ (S,C), X и Y относятся к часто встречающимся наборам элементов, S – к поддержке, а C – к уверенности для правила. Поддержка набора элементов – это

(a)



Изменение значения корреляции с различными скользящими окнами подсчета.



(б) Сравнение задержек обработки скользящих и переворачивающихся окон.

Рисунок 4. (а) Изменение значений широтных корреляций во времени для разных размеры раздвижных окон (б) Сравнение производительности раздвижных и переворачивающихся окон.

процент записей в базе данных, содержащих этот набор элементов (*X*, *Y* или оба). Доверие к вышеуказанному правилу рассчитывается как процент записей, содержащих *X*, которые также содержат *Y*. Формула уверенности также может быть представлена как $Conf(X \Rightarrow Y) = Support(X \cup Y)/Support(X)$. Априорный алгоритм подсчитывает частые наборы элементов, генерирует наборы-кандидаты, используя минимальное значение поддержки (например, 0,1), сокращает редкие, вычисляет достоверность всех перестановок частых наборов элементов и выбирает те, которые превышают заданный порог достоверности. Алгоритм *FP-Growth* выполняет первый проход по транзакциям, создавая базу данных элементов, отсортированную по частоте, опускает редкие элементы и, наконец, создает *FP*-дерево [5,8].

Почему интеллектуальный анализ правил в *Streams* имеет решающее значение?

Мы живем в эпоху, когда тенденции не держатся долго. Поэтому временные аспекты рекомендаций чрезвычайно важны. К сожалению, когда объемы потоковых данных и правила вывода увеличиваются, аналитики данных реагируют на увеличение значений поддержки и достоверности, чтобы получить меньше правил с более сильным подъемом. Тем не менее, правила, которые демонстрируют высокие значения подъема в течение длительного периода времени (например, месяца), возможно, уже устареют к концу этого периода. Например, продажа мороженого, прохладительных напитков и пластиковых стаканчиков будет чрезвычайно популярна в самый жаркий месяц в году, так как мешки с песком и лопаты востребованы во время урагана. После того, как тренд исчезнет, возможностей для продаж не будет. Эти временные закономерности возникают еще быстрее в случае онлайн-продаж или на фондовых рынках, где каждую секунду происходят миллионы транзакций. Потоковый анализ правил может выявить такую тенденцию, как «когда акции *HPQ* и *MSFT* падают более чем на 1%, *DELL* следует за ними» в течение одного часа или дня. Предположим, что недавняя тенденция (т. е. правило с минимальной поддержкой и доверием) возникает только через определенный период времени. Его доверительное значение может не соответствовать самый высокий в мире, но его ценность для местного бизнеса может быть довольно высокой. Предлагаемые нами системы разработаны с учетом этих правил. Другие приложения потокового анализа включают кластеризацию и классификацию потоков [7].

Подумайте о переворачивающемся окне, которое настолько велико, что может охватить все данные, используемые для автономного анализа. В этом случае оффлайн-анализ и онлайн-анализ с одним большим окном дадут одинаковые результаты набора правил. В системах *CEP* и меняющихся окнах достаточно одного параметра (т.е. размера окна), чтобы переключиться с автономного анализа на анализ в режиме, близком к реальному. Если от анализа скользящего временного окна ожидаются дополнительные выгоды, переключение типа окна опять же будет незначительным усилием.

Реализация запроса *ARM*. Мы получили *Java*-реализации алгоритмов *Apriori* и *FP-Growth* из библиотеки правил ассоциации известного инструмента машинного обучения *Weka* [12] и интегрировали эти алгоритмы в движок *Esper*, который также основан на *Java*. Для добавления новых операторов необходимо реализовать специальную функцию агрегирования в *Esper* (класс *AggreationSupport*). Мы реализовали этот интерфейс, чтобы добавить алгоритмы непосредственно в *Esper* для анализа правил потока:

ЗАПРОС 1:

```
SELECT Apriori(parameters, table.feature1, table.feature2)
FROM event.win:length(5) AS table
```

Параметры, которые мы использовали для инициализации алгоритмов *Weka Apriori* внутри *Esper*, были следующими:

'-*N* 10 -*T* 0 -*C* 0,9 -*D* 0,05 -*U* 1,0 -*M* 0,1 -*S* -1,0 -*c* -1'

где *N* – количество выводимых правил, *T* – тип метрики, по которой ранжируются правила (0 = уверенность | 1 = рост | 2 = рычаг | 3 = убежденность), *C* – минимальная оценка метрики (например, минимальная достоверность = 0,9). правила, *U*/*M* – верхняя/нижняя границы минимальной поддержки (по умолчанию = 1,0 и = 0,1), *D* – дельта, на которую уменьшается минимальная поддержка на каждой итерации (по умолчанию = 0,05), *S* – уровень значимости. , а *c* – индекс класса (по умолчанию = последний).

Можно присвоить равные значения границам *U*/*M* (например, 0,3), чтобы избежать итераций, что было бы правильным выбором для сред потоковой обработки. Однако в этом случае пользователь должен хорошо знать домен и правильно установить значения, чтобы найти нужное количество правил для каждого временного окна. В средах динамической потоковой передачи фиксированные ручные настройки могут привести к тому, что будет извлечено слишком много или слишком мало правил. Поэтому мы предпочли, чтобы эту динамическую настройку выполняла система *Weka*. Выбранные функции описаны в части *D*.

ЗАПРОС2:

```
SELECT FPgrowth(parameter, table.feature1, table.feat2)
FROM event.win:length(5) AS table
```

Параметры, которые мы использовали для инициализации алгоритмов *Weka FP-Growth* внутри *Esper*, были следующими:

'-П 2 -И -5 -Н 10 -Т 0 -С 0,9 -Д 0,05 -У 1,0 -М 0,7'

где *P* – индекс атрибута для двоичных атрибутов в обычных плотных экземплярах (используется индекс по умолчанию 2 для разреженных экземпляров), *I* – максимальное количество элементов, включаемых в большие наборы элементов (и правила) (по умолчанию = -1, т. е. без ограничений). .), *N* – необходимое количество выходных правил, *T* – тип метрики, по которому ранжируются правила (0 = достоверность), *C* – минимальная оценка метрики (например, минимальная достоверность = 0,9) правила, *D* – дельта, по которой минимальная поддержка уменьшается на каждой итерации (по умолчанию = 0,05), *U*/*M* – верхняя/нижняя границы минимальной поддержки (по умолчанию = 1,0 и = 0,1).

Набор данных *LastFM* и предварительная обработка. Данные *LastFM* содержат информацию примерно о 1000 людях (набор данных *Lastfm*-1*K*) [10], которые слушают песни в базах данных *LastFM*. В этом наборе данных размером около 3 ГБ около 75 000 уникальных исполнителей, несколько сотен тысяч уникальных песен и миллионы транзакций. Кратко, поля включают в себя <идентификатор пользователя, временную метку, *mbid* исполнителя, имя исполнителя, *mbid* песни, название песни>. На этапе предварительной обработки мы сначала очистили записи с отсутствующей информацией об исполнителе и удалили поля временных песен, которые не способствовали извлечению правил. Этот процесс выполнялся в автономном режиме, и наша будущая работа включает в себя предварительную онлайн-обработку. Мы использовали скользящие окна на основе счетчика. Наконец, у нас были две функции набора данных (<*user-id*, *Artist-mbid*>). Поскольку алгоритм *Apriori* использует большой объем памяти, мы дополнительно обрезали данные, включив в них пользователей, которые прослушивали более 100 песен,

и песни, которые в целом были прослушаны более 3000 раз. В результате 967 уникальных пользователей прослушали 1105 уникальных исполнителей.

Результаты деятельности. Результаты офлайн-анализа, приведенные в таблице 2, показывают, что рост *FP* генерирует результаты «Топ-10 правил» в 75–613 раз быстрее, чем алгоритм *Apriori* в потоке данных. Это соответствует большинству предыдущих работ [9], поскольку *FP*-рост позволяет избежать итеративных поколений кандидатов, рассчитанных с помощью *Apriori*.

Онлайн-анализ проводился в небольших окнах с скользящим подсчетом пользователей и исполнителей размером 10*x*10. На рисунке 5 показаны динамические изменения поддержки *Weka* (*minSupport*, *minConfidence*) и соответствующее количество правил, генерируемых в каждом интервале для набора данных *LastFM*. Ось *X* для графиков скользящего окна подсчета увеличивается на 1 при каждом 1 отсчете события, тогда как переворачивающиеся окна увеличиваются на 1 при каждом слайде, который перемещает окно на 10 событий. Следовательно, для получения одного и того же временного региона между двумя графиками требуется сопоставление 10 к 1 (например, 88 8 или 9). Мы видим, что операция обновления динамической поддержки *Weka* (*U*/*M*) работает правильно и генерирует наборы правил *TOP*10 для каждого периода.

Таблица 2: Результаты оффлайн-анализа (*i*: экземпляры, *a*: атрибуты)

	[i:967 a:1105]	[i: 1105 a: 967]
Apriori	61.403s	226.502s
FPGrowth	0.811s	0.369s

Мы также обнаружили, что переворачивающиеся окна практически генерируют кумулятивную функцию распределения (*CDF*) или «агрегированный» набор правил для правил, найденных с помощью скользящих окон. Тем не менее, наиболее важным выводом из этих результатов является то, что в анализе скользящего окна существуют временные наборы правил, которые упускаются из виду онлайн-анализом скользящего окна из-за агрегирования. Наборы правил были рассчитаны примерно за 300–500 мс для каждого интервала, как показано на рисунке 7 для обоих типов окон. Для краткости мы пропускаем результаты с окнами большего размера.

Заключение. В этой статье мы представили детали реализации для корреляционного анализа и анализа правил для потоков. Мы проанализировали различные типы и размеры скользящих окон с наборами данных движущихся объектов и веб-журналов. В будущем мы планируем (1) тестировать модели с демпфированными окнами (или с затуханием времени), (2) автоматически регистрировать извлеченные правила в *CEP*, (3) предварительно обрабатывать потоковые данные в режиме онлайн и (4) использовать наборы *Java* или несколько наборов. классы для объединения наборов правил (*Union*, *Intersection* и *Difference*), найденных *Apriori* и *FP-Growth*.

Список литературы

[1] D. Abadi, D. Carney, U. Cetintemel, M. Cherniack, C. Convey, S. Lee, M. Stonebraker, N. Tatbul, and S. Zdonik. Aurora: A new model and architecture for data stream management. VLDB Journal, 12(2):120–139, August 2003.

[2]C. Giannella, J. Han, J. Pei, X. Yan, P. S. Yu; Mining Frequent Patterns in Data Streams at Multiple Time Granularities; Data Mining: Next Generation Challenges and Future Directions, AAAI/MIT; 2003.

Авторский вклад
Авторы внесли равноценный вклад в написании статьи

DATA STREAM ANALYSIS

Gylychtaganov Sh.
Head of the Department of Software of information technologies,
The Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan

Sh. Y. Tedzhenov
Lecturer of the department "Software information technologies" department
Institute of Telecommunications and Informatics of Turkmenistan

Annotation. Due to prevalent use of sensors and network monitoring tools, big volumes of data or “big data” today traverse the enterprise data processing pipelines in a streaming fashion. While some companies prefer to deploy their data processing infrastructures and services as private clouds, others completely outsource these services to public clouds.

Keywords: Data streams, Complex Event Processing, Association Rule Mining, Stream mining, Correlation, Apriori, FP-growth.

УДК 378.14

ДИАГНОСТИКА ЦИФРОВЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩИХ ИТ - СПЕЦИАЛИСТОВ

Е.Б. Карпович
Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР, магистр техники и технологии
k.karpovich@bsuir.by

Е.Б. Карпович
Старший преподаватель кафедры инженерной психологии и эргономики УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

Аннотация. Модели специалистов, включающие характеристики качеств, профессиональных компетенций, знаний, умений и способностей решать практические задачи, выполнять необходимые функции в сфере информационных технологий интегрируются в обновляемые профессиональные стандарты. Изменение содержания образования стимулирует разработку новых и адаптацию существующих подходов к оценке результатов учебной деятельности и эффективности образовательного процесса в целом. В статье рассматривается использование комплексного подхода в диагностике компетенций будущих специалистов в сфере информационных технологий.

Ключевые слова: диагностика компетенций, модель специалиста, навыки работы с данными, комплексный подход.

Введение. Развитие информационных технологий, потребности производства, цифровизация общества в целом обусловливают трансформационные процессы в организации и содержании образовательного процесса технического вуза. Переход от университета 3.0 к университету 4.0. предполагает также развитие модели будущего инженера. Современная модель будущих специалистов в области информационно-коммуникационных технологий предполагает развитие навыков работы с данными. Образовательные программы предоставляют студентам возможность изучать методы сбора, обработки, анализа, интерпретации, визуализации данных.

Интеграция навыков анализа данных в содержание образования открывает новые возможности для изучения предметов. Большие данные могут использоваться для исследования различных аспектов науки и представления комплексной информации. Например, данные из разных источников могут быть собраны, обработаны и проанализированы, чтобы помочь студентам понять сложные концепции или увидеть связи между различными явлениями. Такой подход развивает у студентов навыки критического мышления и умение работать с информацией на более глубоком уровне.

В то же время, изменения в целевом и содержательном компонентах образования требуют новаций в разработке подходов и методик диагностики уровня сформированности компетенций и развития навыков.

По мнению исследователей, проблема диагностики компетенций заключается в отсутствии статистических данных для определения уровней сформированности компетенций [1]. Эти данные могут быть получены в образовательном процессе в результате анализа и обобщения данных об успешности усвоения профессиональных навыков будущими специалистами.

Диагностика компетенций. Обозначение подходов к диагностике компетенций и оценке навыков предполагает построение модели компетенций и определение системы навыков, формируемых в образовательном процессе.

Современные исследователи предлагают следующую модель, включающую структурно и логически связанные компетенции: цифровые (*digital*-компетенции), аналитические (*data*-компетенции) и компетенции управления развитием (*project competencies*). *Digital*-компетенции развиваются на основе знаний и умений использовать технологические инфраструктуры и цифровые сервисы аналитики данных для выбранного объекта управления. Аналитические (*data*-компетенции) развиваются на основе знаний методологии анализа данных и умений применять технологии анализа данных к определенным задачам управления. Компетенции управления развитием (*project competencies*) основаны на развитии способности прогнозировать и проектировать развитие продукта [2].

Система цифровых навыков – это классификация и систематизация различных наборов цифровых навыков с учетом их сложности и разнообразия. Системы формулируют единый язык и иногда регламентируют уровни владения или результаты обучения. Системы цифровых навыков используются в качестве информационной основы при планировании образовательного процесса и разработке инструментов оценки [3].

Цифровые навыки можно разделить на несколько основных категорий:

1 Информационная грамотность – понимание того, как находить, оценивать, выбирать и использовать информацию, полученную через цифровые источники. Это включает умение проверять достоверность и точность информации, а также защиту личных данных.

2 Коммуникационные навыки – способность эффективно использовать различные цифровые инструменты для общения и обмена информацией с другими людьми. Это может включать, например, умение использовать в профессиональных целях социальные сети.

3 Технические навыки – владение основными техническими аспектами использования цифровых устройств и программного обеспечения. Это может включать умение работать с операционными системами, использовать определенные программы и инструменты.

4 Творческие навыки – способность использовать цифровые инструменты для создания цифрового продукта.

Комплексный подход в оценке сформированности компетенций предполагает разработку контрольно-оценочных средств, для получения количественных и качественных данных о результатах учебной деятельности. Для каждой компетенции выбирается определенный набор заданий. Для каждого задания назначается максимальный балл, который можно получить за его выполнение. Это позволяет определить степень сложности каждого задания и оценить его значимость для оцениваемой компетенции. Фактический балл определяется в ходе выполнения задания обучающимся. Он может быть выставлен на основе количественной или качественной оценки, в зависимости от характера задания и используемых критериев оценки. Для оценки компетенции суммируются баллы за выполнение всех выбранных заданий. Затем сравниваются фактический и максимальный баллы по каждому заданию и рассчитывается процент сформированности компетенции.

Оценка цифровых навыков может проводиться с использованием различных методов и методик.

Тестирование – проведение письменных или онлайн-тестов, чтобы оценить уровень знаний и навыков в конкретной области, связанной с цифровыми технологиями.

Практические задания – предложение студентам или учащимся реальных задач, которые требуют использования цифровых навыков для их решения.

Самооценка – позволяет учащимся оценить свои цифровые навыки. Это может быть сделано с помощью опросников или онлайн-тестов, которые позволяют людям оценить свои знания и навыки в различных областях цифровой компетенции.

Оценка проектов – оценка работ или проектов, выполненных студентами, что позволяет оценить не только знания и навыки, но и способность применять их на практике.

Комбинирование различных методов оценки цифровых навыков может быть наиболее эффективно для получения полной картины оценки уровня компетенции в этой области.

Заключение. Сложно переоценить значение диагностики, выполняющей оценочную, стимулирующую, прогностическую функции в образовательном процессе. Адекватные современному содержанию образовательного процесса подходы в диагностике профессиональных компетенций позволят уточнить модель будущего специалиста, обеспечить качество профессионального образования, определить траекторию профессионального развития специалиста.

Список литературы

[1] Петренко, Е.А. Современные подходы к оценке общих компетенций и основные проблемы их диагностирования / Е.А. Петренко // Педагогика и психология образования. – 2014.–№4.–С. 102-109.

[2] Фиофанова О.А. Data-анализ: образовательная технология, содержание образования и компетентностный результат [Элекронный ресурс]. – Режим доступа: https://rffi.1sept.ru/article/259 – Дата доступа: 30.01.2024.

[3] Руководство по оценке цифровых навыков [Элекронный ресурс]. – Режим доступа: https://academy.itu.int/sites/default/files/media2/file/20-00227_1f_Digital_Skills_assessment_Guidebook_R.pdf – Дата доступа: 25.01.2024.

Авторский вклад

Карпович Екатерина Борисовна – руководство исследованием по диагностике цифровых компетенций будущих ИТ – специалистов, постановка задачи исследования, формирование структуры статьи.

DIDACTIC RESOURCE OF THE PROJECT-BASED LEARNING IN THE FORMATION OF DATA SKILLS

E.B. Karpovich
Senior Lecturer, Department of Engineering Psychology and Ergonomics,
Master of Engineering and Technology.

Abstract. Models of specialists, including characteristics of qualities, professional competencies, knowledge, skills and abilities to solve practical problems and perform necessary functions in the field of information technology, are integrated into updated professional standards. Changing the content of education stimulates the development of new and adaptation of existing approaches to assessing the results of educational activities and the effectiveness of the educational process as a whole. The article discusses the use of an integrated approach in diagnosing the competencies of future specialists in the field of information technology.

Key words: competency diagnostics, specialist model, data skills, integrated approach.

УДК 612.845.5: 004.932

ТЕХНОЛОГИИ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ АНОМАЛЬНЫХ ТРИХРОМАТОВ И ДИХРОМАТОВ

В.В. Синицына
Аспирант кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР, магистр
vladasinitsina1@gmail.com

В.В. Синицына
Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с разработкой алгоритмов реколоризации изображений для людей с аномалиями цветового зрения.

Аннотация. На сегодняшний день в инструментах поддержки зрения аномальных трихроматов и дихроматов используются методы, в которых предусмотрено преобразование цветов всех объектов на экране телефона или мониторе компьютера. Лишь в некоторых десктопных приложениях есть возможность выделить определенную часть экрана. Однако для аномальных трихроматов и дихроматов важна реколоризации только некоторых объектов. Кроме того, многие цветоаномалы хотели бы использовать инструменты реколоризации в профессиональной деятельности. Именно для решения данных задач предложен особый метод препроцессинга изображений, в котором важным этапом является обработка больших данных.

Ключевые слова: аномальная трихромазия, дихромазия, реколоризация, алгоритмы, препроцессинг, большие данные.

Введение. Аномалии цветового зрения достаточно распространены на Земле. Так, данные аномалии различных видов и форм встречаются у 8% мужского и примерно 0,5% женского населения земного шара. Такие же виды аномалий, как аномальная трихромазия и дихромазия, являются наиболее распространенными и составляют практически все случаи аномалий цветового зрения. Еще один вид аномалий – монохромазия – встречается крайне редко, лишь примерно у 0,00001% населения Земли [1].

Аномальная трихромазия представляет собой недостаточное количество фотопигмента красного, зеленого или синего цвета в колбочках глаз человека. В зависимости от цвета того фотопигмента, которого не хватает в колбочках глаз человека с цветоаномалией, аномальная трихромазия подразделяется на такие формы, как протаномалия, дейтераномалия и тританомалия. Так, протаномалия свидетельствует о недостатке фотопигмента красного цвета, дейтераномалия – фотопигмента зеленого цвета, а наличие у человека тританомалии говорит о недостатке в колбочках глаз синего фотопигмента. Кроме того, в зависимости от количества недостающего фотопигмента определяется и степень тяжести аномальной трихромазии, которая подразделяется на сильную, среднюю и слабую. Сильная степень тяжести аномальной трихромазии обозначается буквой «А», средняя – «В», а для обозначения слабой степени тяжести аномалии используется «С». Также существует более конкретное числовое выражение

степени тяжести, которое принимает значение в пределах от 0,1 до 0,9, где 0,1 представляет собой наиболее слабую, а 0,9 – наиболее сильную степень тяжести аномалии.

Дихромазия представляет собой такую аномалию цветового зрения, при которой в колбочках глаз человека нет фотопигмента красного, зеленого или синего цвета. В зависимости от отсутствующего вида фотопигмента у человека может быть выявлена протанопия, дейтеранопия или тританопия. Протанопия свидетельствует об отсутствии красного фотопигмента, дейтеранопия – зеленого фотопигмента, тританопия – синего. Как правило, дихромазия не дифференцируется по степеням тяжести, так как представляет собой крайнюю степень аномальной трихромазии с показателем, равным 1.

На сегодняшний день существует большое количество инструментов и методов для помощи аномальным трихроматам и дихроматам в корректном восприятии окружающей их визуальной информации. Однако очень немногие разработки ориентированы на потребности людей с аномалиями цветового зрения, так как чаще всего исследователи тестируют свои методы и алгоритмы на симуляторах аномального зрения, не привлекая при этом аномальных трихроматов и дихроматов.

Исследование и разработка инструментов и методов реколоризации изображений для аномальных трихроматов и дихроматов актуальны в связи с наличием данных видов аномалий примерно у 99% всех людей с тем или иным видом аномалий цветового зрения. Приложения для мобильных телефонов, десктопные приложения, расширения для браузеров, цветовые фильтры для мобильных телефонов и операционных систем позволяют людям с цветовой слепотой не только увереннее ориентироваться в окружающем мире, но и дадут возможность попробовать свои силы в ранее недоступных профессиях. Так, совершенствование технических средств позволило бы цветоаномалам выбирать профессии водителя, машиниста, агронома, химика, биолога, дизайнера и многие другие.

Таким образом, цель работы – определить, каким образом необходимо улучшить существующие инструменты реколоризации посредством препроцессинга изображений с целью их последующей реколоризации.

В качестве задач следует выделить следующие:

– анализ существующих на сегодняшний день инструментов поддержки зрения аномальных трихроматов и дихроматов;

– формулировка и подробное описание предварительной обработки изображений до применения к ним алгоритмов или методов реколоризации;

– анализ полученных в предыдущих пунктах результатов и подведение итогов.

Анализ существующих инструментов поддержки зрения аномальных трихроматов и дихроматов. Существуют различные инструменты и методы поддержки зрения аномальных трихроматов и дихроматов. Так, существуют аппаратные средства, приложения и цветовые фильтры для мобильных телефонов, десктопные приложения, а также расширения для браузеров, цветовые фильтры операционных систем.

Аппаратные средства. Среди аппаратных средств, помогающих людям с нарушениями цветового зрения, выделяются очки компании *EnChroma* [2]. Данные очки позволяют различать цвета людям с дейтераномалией и протаномалией.

Открытие линз для таких очков состоялось из-за поиска учеными возможности помочь врачам при проведении операций уменьшить воздействие лазерных лучей на глаза. Но затем выяснилось, что такие очки помогают людям с нарушениями цветовосприятия различать цвета.

Стоит отметить, что наиболее действенны очки для людей со слабой и средней степенью дейтераномалии. Принцип действия такого оптического прибора довольно прост: это специальный многослойный фильтр, который наносится на линзы. Он отсекает

часть светового спектра, попадающего в глаза. Вместе с тем фильтр пропускает основные базовые цвета, усиливая контраст между ними, отчего они становятся более глубокими и насыщенными. А оттенки, которые не различает пользователь, фильтр блокирует, тем самым облегчая распознавание. Очки для коррекции работают только при естественном освещении или приближенном к нему. Для них необходим источник света полного спектра. В каждом отдельном случае линза собирается из заданных слоев, способных скорректировать конкретный вид нарушения.

Oxy-Iso и *Pilestone* [3] также имеют в своем арсенале схожие очки с подобными линзами, однако недостатки таких очков заключаются в том же предназначении лишь для протаномалов и дейтераномалов. Кроме того, вышеупомянутые очки нельзя использовать в ночное время, а также при работе за монитором компьютера или же при просмотре телевизора. Кроме того, данные очки, как правило, осуществляют преобразование всего наблюдаемого через них пространства.

Мобильные средства. На сегодняшний день на такой площадке мобильных приложений, как *Google Play*, реализованы также приложения, помогающие людям с аномалиями цветового зрения. Одним из самых популярных приложений для *iPhone* является *Color Binoculars*, разработанное в 2016 году сотрудниками *Google*. Данное приложение корректирует цвета для помощи людям с дихромазией. Мобильные приложения чаще всего нацелены на коррекцию фото или видео, где видео получается непосредственным наведением камеры телефона на окружающий мир. Среди мобильных приложений наиболее часто встречаются либо такие, которые преобразуют тем или иным образом всю информацию на экране, либо такие, которые выводят на экран название цвета определенного объекта.

Расширения для браузеров. Расширение *Color Enhancer* позволяет пользователям с цветовой слепотой более точно определять цвета. После установки такое расширение предоставляет пользователю возможность выбора набора звезд на картинке, среди которых следует указать такой набор, звезды которого являются наиболее нечеткими для пользователя. Затем необходимо использовать имеющийся ползунок, чтобы отрегулировать выбранное изображение так, чтобы все звезды были видны. После вышеописанных манипуляций пользователь будет наиболее корректно воспринимать имеющуюся в браузере информацию.

Цветовые фильтры. Кроме того, в настройках операционных систем *macOS* [4] и *Windows* [5] присутствует режим с фильтрацией цветов для корректного восприятия всей отображаемой на экране информации для дихроматов.

Во многих современных смартфонах и айфонах также имеются цветовые фильтры, в которых пользователю позволено выбрать имеющийся у него тип аномалии цветового зрения, в соответствии с которым экран устройства преобразует отображаемые цвета подобающим для восприятия людьми с данным типом аномалии образом. Так, среди видов цветонарушений, которые можно выбрать для последующей коррекции, числятся дейтеранопия, протанопия и тританопия. Однако никакой коррекции аномальной трихромазии и степени данной аномалии нет. Данные фильтры преобразуют все цвета на экране телефона.

Десктопные приложения. Кроме того, имеются такие десктопные инструменты, как, например, *Visolve*, который помогает корректировать цвет на экране монитора в соответствии с возможностями цветовосприятия пользователей. Особенностью данных приложений является расширение окна приложения и, соответственно, корректировка цветов на выбранном участке экрана.

Препроцессинг изображений с целью их последующей реколоризации. Особое внимание при рассмотрении существующих инструментов реколоризации было уделено

возможности последних осуществлять преобразование цветов не всего экрана, а лишь некоторых областей.

Стоит отметить, что реколоризация лишь выбранных объектов очень важна для цветоаномалов [6], так как не всегда реколоризация всего экрана бывает удачной, преобразуя зачастую некорректно те цвета, что пользователь до реколоризации воспринимал верно, а также в связи с особой концентрацией взгляда цветоаномала на конкретном объекте. Кроме того, многие пользователи хотели бы корректировать цвета не только в рамках своих бытовых потребностей, но и в своей профессиональной деятельности.

Из обобщения описанных выше положений следует, что в зависимости от профессии человека с цветовой слепотой следует выделять на экране наиболее важные объекты для реколоризации, а только затем осуществлять преобразование цветов тем или иным образом согласно некоторому выбранному алгоритму или методу.

Так, последовательность действий при препроцессинге изображений для аномальных трихроматов и дихроматов выглядит следующим образом:

1 Определение профессии пользователя (от профессии будет зависеть выбор объектов для реколоризации на экране, например, выбор светофоров для водителей или же колб с веществами для химиков).

2 Вычисление координат найденных объектов и передача их в алгоритм реколоризации.

3 Преобразование цветов лишь в пределах заданных координат с наиболее важными для пользователя объектами.

Такая обработка картинок требует предварительного обучения нейронной сети определять конкретные объекты на множестве картинок. Как упоминалось ранее, для водителей особенно важны будут светофоры и, например, дорожные знаки, для химиков – колбы, пробирки, мензурки и пр. То есть описанному процессу предварительной обработки изображений будет предшествовать обучение нейронной сети определять те или иные объекты посредством обучения на большом количестве данных. После обучения необходимо использовать такую нейронную сеть в препроцессинге изображений для цветоаномалов той или иной профессии.

Заключение. Таким образом, основываясь на пожеланиях пользователей с аномальной трихромазией и дихромазией, было определено, что для цветоаномалов удобнее иметь возможность реколоризировать лишь некоторые объекты на экране. Кроме того, так как пользователи хотели бы использовать приложения активно в своей профессиональной деятельности, имеет смысл внедрить в существующие инструменты поддержки зрения аномальных трихроматов и дихроматов выбор наиболее важных для человека той или иной профессии объектов и осуществлять реколоризацию лишь этих объектов, облегчая таким образом рабочий процесс для людей с аномальной трихромазией и дихромазией.

Список литературы

[1] Шиффман Х. Р. Ощущение и восприятие. Санкт-Петербург: Питер, 2003. – 222 с

[2] EnChroma Colour Blind Lens Guide [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://enchroma.co.uk/pages/lens-guide. – Дата доступа: 30.01.2024.

[3] Оптика для дальтоников Pilestone [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pilestone.ru/. – Дата доступа: 30.01.2024.

[4] Change Color Filters preferences for accessibility on Mac [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https: //support.apple.com/en-ca/guide/mac-help/mchlba06b669/12.0/mac/12.0. – Дата доступа: 30.01.2024.

[5] Use color flters in Windows [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://support.microsoft.com/en-us/windows/use-color-filters-in-windows-43893e44-b8b3-2e27-1a29-b0c15ef0e5ce. – Дата доступа: 30.01.2024.

[6] Geddes C., Flatla D.R., Connelly C.L. 30 Years of Solving the Wrong Problem: How Recolouring Tool Design Fails those with Colour Vision Deficiency. ASSETS '23: Proceedings of the 25th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. 2023;24:1-13. https://doi.org/10.1145/3597638.3608407

Авторский вклад

Синицына Влада Владиславовна – постановка задач исследования, описание особенностей аномальной трихромазии и дихромазии, анализ существующих инструментов реколоризации, разработка алгоритма предварительной обработки изображений для их последующей реколоризации, подведение итогов, формирование структуры статьи.

BIG DATA TECHNOLOGIES IN IMAGE PROCESSING FOR ANOMALOUS TRICHROMATS AND DICHROMATS

V.V. Sinitsyna
Postgraduate student of the
Department of Engineering
Psychology and Ergonomics
BSUIR, Master of engineering

Abstract. Vision support tools for anomalous trichromats and dichromats use methods that convert the colors of all objects on a phone screen or computer monitor. Only some desktop applications have the ability to highlight a specific part of the screen. However, for anomalous trichromats and dichromats, recoloring of only some objects is important. In addition, many people with color blindness would like to use recoloring tools in their professional work. It is to solve these problems that a special method of image preprocessing has been proposed, in which an important step is the processing of big data.

Keywords: anomalous trichromacy, dichromacy, recoloring, algorithms, preprocessing, big data.

УДК [304.2]

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ BIG DATA И ИНСТРУМЕНТОВ PEOPLE ANALYTICS В УПРАВЛЕНИИ ЧЕЛОВЕЧЕСКИМИ РЕСУРСАМИ

В.В. Шаталова
директор БГУИР филиал МРК, канд. техн.наук, доцент
shatalova@bsuir.by

Т.В. Казак
заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики, член-корреспондент Международной академии психологических наук, доктор психологических наук, профессор
kazak@bsuir.by

В.В. Шаталова
Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, факультет компьютерного проектирования. Работает в должности директора БГУИР филиал «Минский радиотехнический колледж»

Т.В. Казак
Заведующий кафедрой инженерной психологии и эргономики Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доктор психологических наук, профессор, член-корреспондент Международной академии психологических наук

Аннотация. В статье рассмотрены особенности использования технологии больших данных и инструментов *People Analytics* в управлении человеческими ресурсами в условиях глобальной цифровой трансформации.

Ключевые слова: цифровизация, большие данные, управление человеческими ресурсами, технологии больших данных.

Мы живем в информационную эпоху, когда все наши действия оставляют цифровой след, т.е. объемы информации настолько велики и разнообразны, что их нельзя обработать традиционными способами, поэтому их анализируют и используют с помощью технологий *big data*.

Big data – это инструменты, которые позволяют обработать большие данные так, чтобы использовать их для конкретных целей и задач. В зависимости от контекста для информационных технологий это понятие означает:

– большие объемы цифровых данных;

– набор аналитических инструментов и методов для их обработки.

Большие данные не просто большие, они огромные, и их объемы растут экспоненциально. Поэтому инструменты традиционной аналитики, в которых используется человеческий труд и настольные компьютеры, не могут справиться с анализом и обработкой *big data* [1].

Понятие *big data* закрывает пять основных задач – пять *V*:

Volume − задача хранить большие объемы информации и расширять сети дата-центров, в которых информация собирается, накапливается, хранится и анализируется.

К 2021 году мировой объем данных должен был достигнуть 79 ЗБ. Уже в 2025 году цифра увеличится более чем вдвое, и так по нарастающей экспоненте. Быстрому росту трафика данных способствует интернет вещей – объем информации о соединениях физического и цифрового мира в 2019 году достиг 13,6 зеттабайта. К 2025 году этот трафик данных превысит 79 зеттабайт.

Velocity − задача технологии учитывать, как быстро накапливаются и обрабатываются новые данные, успевать за их скоростью прироста и обрабатывать их с учетом экспонентных темпов изменения и всплесков активности.

Variety – обрабатывает разные типы структурированной и неструктурированной информации: цифры и данные клиентских баз, видеоконтент, аудиофайлы, текстовые сообщения и т.д. Необходимо из разных потоков данных вычленить определенные закономерности, которые можно использовать, например, для продвижения продуктов, услуг и товаров.

Variability − потоки данных имеют пики и спады, зависят от сезонности, в них есть периодичность. Всплесками неструктурированной информации сложно управлять, поэтому и нужны мощные технологии для обработки.

Value − информация, которая поступает из разных систем, различается степенью сложности обработки, поэтому необходимо структурировать информацию, которая поступает из социальных сетей, локационных систем, транзакционных операций и так далее, по степени ее важности.

Big data – это сверхбольшие объемы информации, которые можно использовать только после качественного анализа. Методики обработки больших данных постоянно обновляются, сейчас применяют такие [2]:

1 Классификация – нужна, чтобы предсказать поведение клиента в конкретном сегменте;

2 Кластерный анализ – выявляет общие признаки, на основании чего классифицирует данные в группы.

3 Краудсорсинг – сбор разнообразной информации из большого количества источников.

4 Добыча данных – выявляет неизвестные, но полезные сведения, которые помогут принять правильное решение.

5 Машинное обучение – создает самообучающиеся нейронные сети, которые быстро и все качественнее обрабатывают информацию.

6 Обучение без учителя – способ машинного обучения, который позволяет системе спонтанно решать поставленные задачи без участия человека; его используют, чтобы выявить скрытые функциональные связи в данных.

7 Обработка сигналов – исследует цифровые сигналы, которые меняются, чтобы распознать их на фоне информационного шума и проанализировать.

8 Смешение и интеграция – неструктурированные данные переводят в единый формат.

9 Визуализация – результаты анализа представляют в виде диаграмм и анимации.

Сферы применения *big data* разнообразны и постоянно расширяются: управление, финансы, маркетинг и реклама, предупреждение природных и техногенных катастроф, образование, безопасность, здоровье и медицина и другое. Перед современными предприятиями стоит актуальная задача цифровизации абсолютно всех бизнес-процессов, в том числе и в рамках системы управления человеческими ресурсами.

Управление человеческими ресурсами будет более точным, эффективным и объективным, если *HR*-менеджеры будут обращаться к системе больших данных, поскольку сложно принимать решения и улучшать бизнес-показатели при отсутствии аналитических показателей.

Основная цель управления человеческими ресурсами – развитие организационной способности достигать успеха за счет использования людей. Выделим основные цели управления персоналом:

– четко структурированный, эффективный процесс найма и отбора кандидатов;

– приобретение и удержание необходимой квалифицированной, приверженной и мотивированной рабочей силы;

– максимизация и развитие способностей людей за счет обучения и постоянного развития;

– стимулирование развития атмосферы взаимного доверия и сотрудничества между менеджерами и их подчиненными;

– создание климата, благоприятного для командной работы;

– обеспечение гибкости процессов внутри организации;

– создание условий для оценки и вознаграждения;

– управление разнообразием, присущим трудовым коллективам, принимая во внимание индивидуальные и групповые различия в трудовых отношениях, стилях поведения и устремлениях;

– осуществление этического подхода к управлению, основанного на заботе о людях, справедливости и прозрачности деятельности;

– поддержание и совершенствование физического и морального благополучия работников.

Цифровизация процесса управления персоналом – это процесс организации удобной цифровой среды для сотрудников с целью повышения их мотивации и заинтересованности в работе, а также улучшения *HR*-бренда самой организации. Управление человеческими ресурсами предполагает широкое применение цифровых технологий, которые являются необходимыми атрибутами конкурентоспособного предприятия [3].

Основной тренд последних лет в цифровизации управления человеческими ресурсами, это не просто автоматизация процессов, но и новое мышление, новый подход ко всем процессам взаимодействия с сотрудниками. Главный признак высокопроизводительных компаний в сегодняшнем цифровом мире – способность быстро учиться, применять новые продукты и сервисы, быстро понимать, что работает, а что нет. Этот стремительный, ориентированный на клиента способ ведения бизнеса изменяет образ мыслей о менеджменте и управлении человеческими ресурсами [4].

Цифровизация управления человеческими ресурсами оперирует большим количеством трендов, имеющих как косвенное, так и прямое влияние на управление человеческими ресурсами. Прямое влияние на HR в разрезе цифровизации оказывают инновации в сфере информационных технологий или уже имеющиеся решения и методы, которые ранее не применялись в управлении персоналом. Косвенно оказывают влияние такие факторы, как изменения в организационной структуре или повышающийся интерес к совершенствованию корпоративной культуры компании.

Один из приоритетных трендов сегодня - внедрение и использование технологий больших данных и инструментов *People Analytics*, основанный на подходах к управлению людьми во время работы.

Функция *People Analytics* включает в себя использование цифровых инструментов и данных для измерения, описания и понимания производительности сотрудника. Однако на сегодняшний день аналитика не просто предоставляет информацию и инсайты для менеджеров - она преобразуется в бизнес-функцию, ориентированную на использование данных для понимания каждой части бизнес-операций, и встраивается в приложения, отслеживающие и анализирующие информацию в реальном времени. Это позволяет анализировать данные о наборе персонала, производительности, мобильности сотрудников, их взаимодействии и других факторах. У руководителей теперь есть доступ к бесконечной

комбинации показателей, которые помогают им понять на более глубоком уровне то, что приводит компанию к более высоким результатам.

Одна из тенденций, отмеченных в исследовании *Deloitte's Human Capital Trend Survey*, – это постоянное внимание к *people analytics*, особенно с учетом последствий пандемии и новых тенденций в данных о людях.

Приоритетным направлением *People Analytics* является найм и отбор персонала. Компании используют данные интервью, тщательно анализируют язык публикаций новых вакансий и данные скрининга кандидата, чтобы уменьшить неосознанную предвзятость и интуитивность при найме [5]. Однако в данном случае не всегда речь идет о больших данных. Технологии больших данных оказываются необходимы при обработке больших массивов данных, получаемых из внешних источников, например, из социальных сетей, которые получают все большую популярность при анализе таких показателей как текучесть кадров, удержание сотрудников и других метрик производительности.

Поиск талантов и рекрутмент сталкиваются сегодня с огромным давлением: широко распространена нехватка необходимых компаниям навыков, а сотрудникам требуются новые карьерные модели.

Однако технологии и инновации, такие как большие данные, облачные вычисления, искусственный интеллект, робототехника, экономика совместного потребления уже преобразовывают рабочую силу. Ведущие компании превращают открытую экономику талантов и неисчерпаемое количество данных из внешних ресурсов в преимущество, внедряя новые технологии и разрабатывая новые карьерные модели.

Наиболее инновационные идеи и решения сосредоточены вокруг когнитивных технологий, таких как искусственный интеллект, машинное обучение, роботизирование процессов, обработка естественного языка и предиктивные алгоритмы.

Использование технологий больших данных и предиктивная аналитика получают все большую популярность при отборе персонала, чему способствуют приоритетное внимание, которое уделяется процессу рекрутмента, планированию рабочей силы, оцениванию различных источников найма сотрудников, оценку качества найма, использование предварительной оценки кандидата, или предварительного скрининга.

Сегодня область ответственности отделов управления персоналом, особенно в крупных компаниях, не ограничивается лишь вопросами поиска, найма и увольнения сотрудников. Они рассматривают вопросы повышения производительности, оптимизация численности и структуры персонала, развития бренда и т. д. Применение больших данных помогает принимать оптимальные решения по следующим задачам:

Подбор персонала: Большие данные позволяют эффективно использовать Интернет как широкую платформу для работы по подбору талантов и за счет автоматизации процесса найма многократно увеличивается скорость просмотра, анализа и отбора резюме. Большие данные обеспечивают поиск лучших кандидатов с учетом социальных рекомендаций и автоматическое отсеивание неподходящих. Кроме того, компания может постоянно собирать информацию о кандидатах, даже когда она не нуждается в новых кадрах.

Обучение персонала: Большие данные позволяют оценивать эффективность обучения и настраивать тренинги индивидуально, что ускоряет адаптацию и развитие каждого сотрудника. При анализе данных о результатах обучения большие данные позволяют выявить недостающие навыки и отдачу от инвестиций в конкретную программу.

Оценка талантов: В настоящее время оценка персонала в большинстве случаев осуществляется в форме экспертной оценки, комплексной оценки и т. д., но эти методы очень субъективны. С помощью больших данных *HR*-менеджеры могут создавать системы данных о сотрудниках и точно рассчитывать разницу между показателями эффективности, сравнивать сведения о сотрудниках друг с другом и с описаниями должностей.

Удержание талантов и управление текучестью кадров: Большие данные позволяют провести полноценный анализ, прогноз и моделирование рисков потери сотрудников. Анализируя опросы удовлетворенности, оценки качества деятельности, опросы уволившихся сотрудников и другие подобные данные, HR-менеджеры смогут точно определить, что приводит к снижению вовлеченности сотрудников, а также найти возможности для определения оптимального уровня нагрузки и управления текучестью кадров.

Управление карьерой персонала: Благодаря анализу информации о сотрудниках, например, данных об их интересе к работе, продвижении по службе, профессиональном опыте и производительности, *HR*-менеджеры будут лучше понимать интересы сотрудников, сопоставлять их потенциальные возможности и способности с требованиями компании и ее стратегией, определять этапы развития и продвижения специалистов [6].

Таким образом, *HR*-функция сегодня претерпевает большие изменения и сдвиг в сторону цифровизации процессов, одним из важных элементов которой является внедрение аналитики и систем больших данных. На рынке программных решений уже существует большое количество инструментов, которые позволяют анализировать большие массивы данных о потенциальных кандидатах, помогают при анализе сети организации и оценки их эффективности. Управление человеческими ресурсами стремится к интеграции *HR*-данных, внутренних данных организации и внешних данных о сотрудниках.

Список литературы

[1] Что такое big data, где они применяются и как помогают нарисовать портрет клиентов. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://mc.today/big-data/

[2] Анализ больших данных: зачем он нужен и кто им занимается. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://practicum.yandex.ru/blog/chto-takoe-analiz-bolshih-dannyh/

[3] Дроздов, И.Н. Цифровизация управления человеческими ресурсами в бизнес-организации: значимость и актуальные направления / И.Н. Дроздов, Лю Вэйсяо // Креативная экономика. – 2022 – Том 16 – № 6 – С. 2433–2444.

[4] Армстронг М. Стратегическое управление человеческими ресурсами. - М.: Инфра-М, 2002. С. 6-57.

[5] Collins L., Fineman D., Tsuchida A. People analytics: Recalculating the route, Global Human Capital Trends 2017. [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://portal.tpu.ru/SHARED/o/OPNEDOSPASOVA/Ucheba/Tab6/Tab/ce-global-human-capital-trends.pdf.

[6] Забиров, Р. Р. Управление персоналом в эпоху Больших данных / Р. Р. Забиров. // Молодой ученый. – 2019. – № 31 (269). – С. 52-53. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://moluch.ru/archive/269/61905/

Авторский вклад

Авторы внесли равноценный вклад в написании статьи

USING BIG DATA AND PEOPLE ANALYTICS TOOLS IN HUMAN RESOURCE MANAGEMENT

V.V. Shatalova
Deputy Dean of the Faculty of Computer-Aided Design, PhD, Associate Professor

T.V. Kazak
Head of the Department of Engineering Psychology and Ergonomics, Corresponding Member of the International Academy of Psychological Sciences, Doctor of Psychological Sciences, Professor

Abstract. The article discusses the features of using big data technology and People Analytics tools in human resource management in the context of global digital transformation.

Key words: digitalization, big data, human resource management, big data technologies.

УДК 004.774

ГЕНЕРАТОР ОДНОСТРАНИЧНЫХ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СОЗДАНИЯ ДОКУМЕНТАЦИИ DOCUSAURUS

Г.А. Пискун
Доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР, кандидат технических наук, доцент
piskunbsuir@gmail.com

В.Ф. Алексеев
Доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР, кандидат технических наук, доцент
alexvikt.minsk@gmail.com

Т.М. Воронко
Инженер-программист Центра информационных технологий Белстата, магистрант БГУИР
voronko232001@gmail.com

Г.А. Пискун
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с моделированием и оптимальным проектированием информационно-компьютерных систем, а также организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

В.Ф. Алексеев
Окончил Минский радиотехнический институт. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов построения информационно-компьютерных систем, организацией учебного и научно- исследовательского процессов в техническом университете.

Т.М. Воронко
Магистрант 2 курса специальности «Электронные системы и технологии» кафедры проектирования информационно-компьютерных систем. Инженер-программист в отделе сопровождения и разработки информационных систем Центра информационных технологий Национального статистического комитета Республики Беларусь.

Аннотация. В работе представлен анализ актуальности и применимости генератора одностраничных веб-приложений Docusaurus, описаны преимущества данного инструмента при работе с документацией и разработке современных веб-приложений, а также продемонстрирован один из способов создания приложения с использованием Docusaurus на примере программы, содержащей справочную информацию по теме: «Выбор способа охлаждения радиоэлектронного устройства на ранней стадии конструирования».

Установлено, что использование Docusaurus упрощает написание документации, а также способствует повышению доступности и отзывчивости веб-приложения.

Ключевые слова: Docusaurus, документация, Markdown, генератор.

Введение. Одной из важнейших задач при создании программного обеспечения является документирование тех или иных аспектов проекта, что иногда может быть очень трудоемкой задачей [1–10]. Ни для кого не секрет, что хорошо оформленная и понятная [[документация оказывает существенное влияние на доступность программы, а также помогает объяснить и раскрыть ее функционал конечному пользователю.

Существует множество полезных сервисов для упрощения и автоматизации создания документации, как платных, так и бесплатных, сильно разнящихся между собой в

сложности настройки и использования. В качестве примера, рассмотрим один из самых популярных на сегодняшний день подобных сервисов – *Docusaurus* [1].

Описание генератора *Docusaurus* и его преимущества. *Docusaurus* – это генератор статических сайтов открытого доступа. Он создает одностраничное приложение (*Single Page Application*, *SPA*) с быстрой навигацией на клиентской стороне, используя все преимущества *front-end* фреймворка *React* для добавления интерактивности веб-сайту. Сразу после инициализации *Docusaurus* предоставляет функционал для создания страниц документации, однако может использоваться для создания веб-приложения любой направленности (персональный веб-сайт, блог, интернет-магазин и т.д.) [2].

Docusaurus позволяет создавать веб-страницы на языке *Markdown*, который является удобочитаемым языком разметки, легко и без потерь конвертируемым в *HTML* и *PDF*. *Markdown*-файлы открываются в любом текстовом редакторе и их содержание понятно даже в виде исходного кода [3].

Основными преимуществами данного генератора являются [1]:

1 ***React***. Данный фреймворк лежит в основе *Docusaurus*, что упрощает написание клиентской части веб-приложения, позволяя создавать собственные компоненты и настраивать маршрутизацию.

2 ***Гибкая установка***. *Docusaurus* может быть установлен с помощью одного из нескольких заранее настроенных шаблонов для создания приложений различной направленности, а также предоставляет выбор *front-end* технологий для использования в разработке.

3 ***Удобство разработки***. *Docusaurus* позволяет сразу после установки приступить к разработке, не затрачивая время на настройку проекта. Исходный проект обладает интуитивно понятной структурой, которую легко модифицировать и дополнять.

4 ***Повышенное внимание к доступности проекта***. *Docusaurus*-проект оснащен набором функций, таких как поисковая оптимизация каждой отдельной странички, возможность поиска по всему содержимому проекта, фреймворк для интернационализации *i*18*n* и т.д., в разы увеличивающие его доступность.

Создание *Docusaurus*-проекта. В качестве примера, создадим небольшой проект, содержащий справочную информацию по теме: «Выбор способа охлаждения радиоэлектронного устройства на ранней стадии конструирования» [4].

В интерфейсе командной строки необходимо перейти в папку, в которую будет помещен проект, и ввести следующую команду (на машине разработчика должен быть установлен «*Node.js*») [5]:

```
npx create-docusaurus@latest my-website-name classic
```

На рисунке 1 представлена изначальная структура проекта после установки *Docusaurus* с пресетом «*classic*».

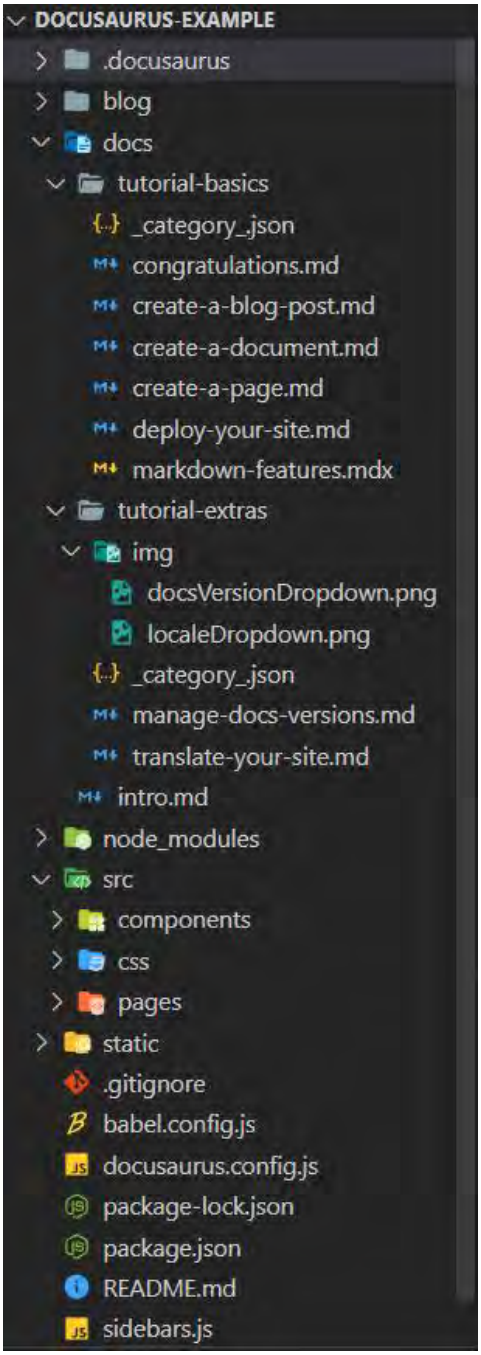


Рисунок 1. Изначальная структура *Docusaurus*-проекта с пресетом «*classic*»

На данном этапе сайт состоит из начальной страницы, раздела с блогом и раздела с документацией, который содержит руководство по *Docusaurus*.

Документация состоит из трех подразделов: *Markdown*-файл «intro.md», а также папок «*tutorial-basics*» и «*tutorial-extras*», в которых находятся «.md»- и «.mdx»-файлы, ассеты в виде *png*-файлов, а также файлы «*category.json*», содержащие метаданные подраздела.

На рисунке 2, в качестве примера отображения элемента документации, представлена страница «Congratulations!», содержимое которой описано в файле «*congratulations.md*», находящимся в папке «*tutorial-basics*», данная структура также формирует отображение и содержимое боковой навигационной панели, панели над заголовком страницы и кнопок перехода к предыдущей либо следующей странице внизу.

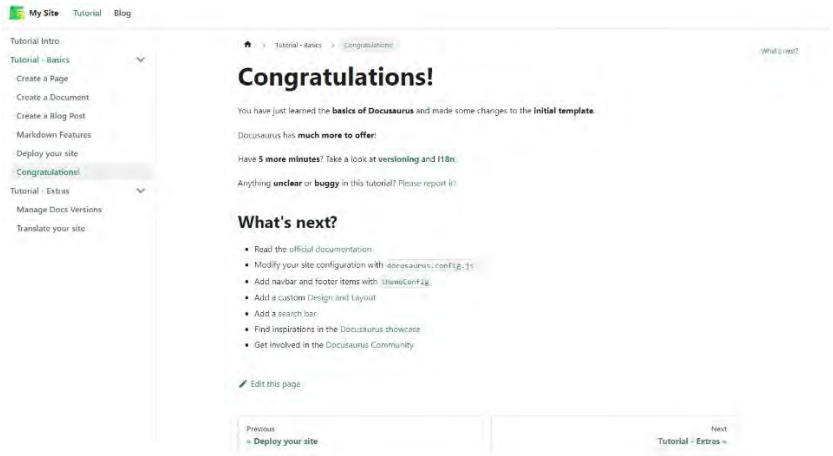


Рисунок 2. Страница «*Congratulations*!»

Создадим еще один подраздел с именем «Выбор способа охлаждения РЭУ на ранней стадии конструирования», в который поместим две страницы: «Расчеты» и «Области целесообразного применения различных способов охлаждения».

Листинг кода файла «*_category_.json*» для данного подраздела:

```
{
  "label": "Выбор способа охлаждения РЭУ на ранней стадии конструирования",
  "position": 4,
  "link": {
    "type": "generated-index"
  }
}
```

На рисунке 3 изображена обновленная боковая навигационная панель, содержащая созданный подраздел.

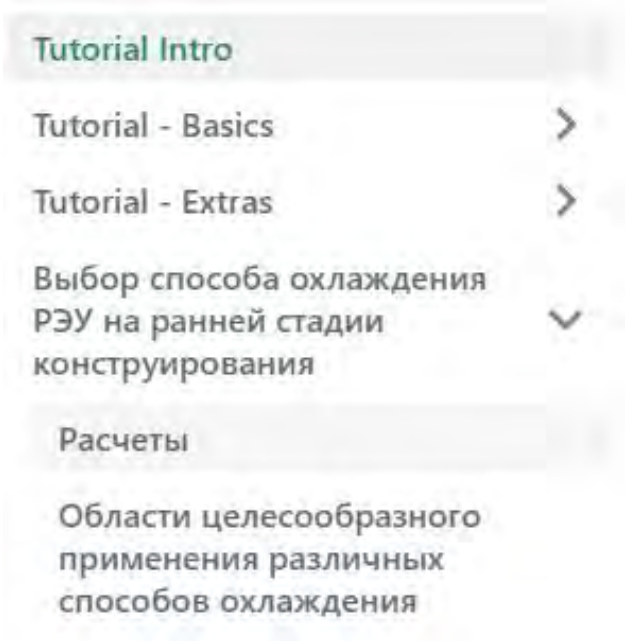


Рисунок 3. Обновленная навигационная панель

Листинг кода *md*-файла для страницы «Расчеты» (для использования в *Markdown*

формул и специальных символов необходимо дополнительно установить плагины для библиотеки *KaTex*: «*remark-math*» и «*rehype-katex*»):

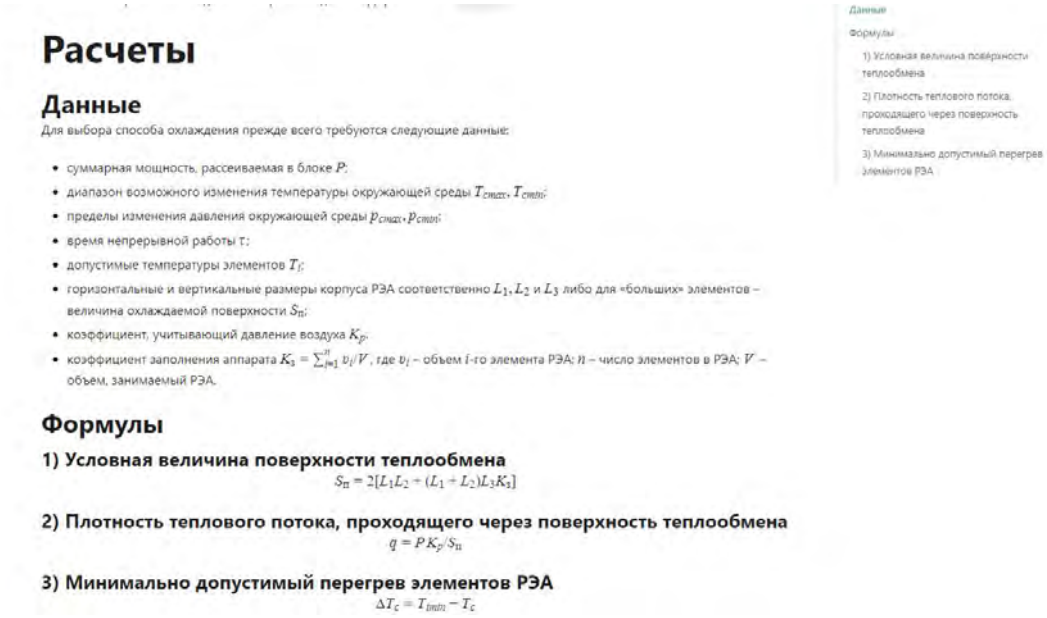
```
---
sidebar_position: 1
---
# Расчеты
## Данные
Для выбора способа охлаждения прежде всего требуются следующие данные:
- суммарная мощность, рассеиваемая в блоке $\textit{P}$;
- диапазон возможного изменения температуры окружающей среды $T_{cmax}, T_{cmin}$;
- пределы изменения давления окружающей среды $p_{cmax}, p_{cmin}$;
- время непрерывной работы $\tau$;
- допустимые температуры элементов $T_i$;
- горизонтальные и вертикальные размеры корпуса РЭА соответственно $L_1, L_2$ и $L_3$ либо для «больших» элементов – величина охлаждаемой поверхности $S_п$;
- коэффициент, учитывающий давление воздуха $K_p$.
- коэффициент заполнения аппарата $K_з=\sum_{i=1}^n \upsilon _i/V$, где $\upsilon _i$ – объем $i$-го элемента РЭА; $n$ – число элементов в РЭА; $V$ – объем, занимаемый РЭА.
## Формулы
### 1) Условная величина поверхности теплообмена
<div style={{textAlign: 'center'}}>
$S_п = 2[L_1L_2+(L_1+L_2)L_3K_з]$
</div>

### 2) Плотность теплового потока, проходящего через поверхность теплообмена
<div style={{textAlign: 'center'}}>
$q = PK_p/S_п$
</div>

### 3) Минимально допустимый перегрев элементов РЭА
<div style={{textAlign: 'center'}}>
$\Delta T_c = T_{imin} - T_c$
</div>
```

Язык *Markdown* не предоставляет функционал для горизонтального выравнивания текста, поэтому для расположения формул по середине страницы их содержимое обернуто в *HTML*-тэг «*div*» с атрибутом «*style*», параметры которого заданы через *JSX*.

Получившаяся страница «Расчеты» изображена на рисунке 4.



Расчеты

Данные

Для выбора способа охлаждения прежде всего требуются следующие данные:

- суммарная мощность, рассеиваемая в блоке P;
- диапазон возможного изменения температуры окружающей среды $T_{стах}$, $T_{стin}$;
- пределы изменения давления окружающей среды $p_{стах}$, $p_{стin}$;
- время непрерывной работы τ;
- допустимые температуры элементов T_i;
- горизонтальные и вертикальные размеры корпуса РЭА соответственно L_1, L_2 и L_3 либо для «больших» элементов – величина охлаждаемой поверхности $S_п$;
- коэффициент, учитывающий давление воздуха K_p;
- коэффициент заполнения аппарата $K_з = \sum_{i=1}^{n} v_i / V$, где v_i – объем i-го элемента РЭА; n – число элементов в РЭА; V – объем, занимаемый РЭА.

Формулы

1) Условная величина поверхности теплообмена

$$S_п = 2[L_1L_2 + (L_1 + L_2)L_3K_з]$$

2) Плотность теплового потока, проходящего через поверхность теплообмена

$$q = PK_p/S_п$$

3) Минимально допустимый перегрев элементов РЭА

$$\Delta T_c = T_{доп} - T_c$$

Данные

Формулы

1) Условная величина поверхности теплообмена

2) Плотность теплового потока, проходящего через поверхность теплообмена

3) Минимально допустимый перегрев элементов РЭА

Рисунок 4. Страница «Расчеты»

Листинг кода *md*-файла для страницы «Области целесообразного применения различных способов охлаждения»:

```
---
sidebar_position: 2
---
# Области целесообразного применения различных способов охлаждения
На рисунке 1 области целесообразного применения различных способов охлаждения приведены в координатах $\Delta T_c, \lg q$. Имеется два типа областей. Области, в которых можно рекомендовать применение определенного способа охлаждения, и области, в которых с примерно одинаковым успехом можно применять два или три способа охлаждения. Следует заметить, что верхние кривые на рис. 1, соответствующие ΔTс>373 К (100°С), обычно применяются для выбора способа охлаждения больших элементов, так как допустимые температуры их охлаждаемых поверхностей часто выше 373 К. Нижние кривые на рис. 1 применяются для выбора способа охлаждения блоков, стоек и т.п., выполненных на дискретных и микроминиатюрных элементах, так как для них обычно ΔTс<373 К. Поэтому области целесообразного применения различных способов воздушного охлаждения в верхней части графика не являются продолжением соответствующих кривых в нижней части. Последнее вызвано также и тем, что при охлаждении разветвленных поверхностей больших элементов можно получить более высокие эффективные коэффициенты теплоотдачи.

Области первого типа не заштрихованы и относятся к следующим способам охлаждения:
- 1 – естественное воздушное;
- 3 – принудительное воздушное;
- 5 – принудительное жидкостное;
- 9 – принудительное испарительное;

Области второго типа заштрихованы:
- 2 – возможно применение естественного и принудительного воздушного;
- 4 – возможно применение принудительного воздушного и жидкостного;
```

```
- 6 – возможно применение принудительного жидкостного и естественного испарительного;
- 7 – возможно применение принудительного жидкостного, принудительного и естественного испарительного;
- 8 – возможно применение естественного и принудительного испарительного;

<div style={{textAlign: 'center'}}>
![oblasti](./img/oblasti.png)
</div>
<div style={{textAlign: 'center'}}>
Рисунок 1 — Области целесообразного применения различных способов охлаждения
</div>
```

Часть содержимого страницы «Области целесообразного применения различных способов охлаждения» изображена на рисунке 5.

Рисунок 5. Страница «Области целесообразного применения различных способов охлаждения»

Заключение. *Docusaurus* – это довольно мощный инструмент в руках веб-разработчика. Он оказывает помощь в написании документации и, как было продемонстрировано, добавлению на веб-сайт справочной информации и руководств, путем автоматизации генерации страниц и понятного структурирования файлов. Инструмент также предоставляет современные инструментарий и функционал для создания отзывчивого и доступного веб-приложения. Простота установки, легковесность и широкий диапазон различных настроек выгодно выделяют данный сервис на фоне схожих решений.

Список литературы

[1] Docusaurus: отличный инструмент для документирования проектов [Электронный ресурс]. URL: https://docusaurus.io/docs (Дата обращения: 15.01.2024).

[2] Docusaurus Docs [Электронный ресурс]. URL: https://docusaurus.io/docs (Дата обращения: 15.01.2024).

[3] Язык разметки Markdown [Электронный ресурс]. URL: https://doka.guide/tools/markdown/ (Дата обращения: 15.01.2024).

[4] Конструирование и технология электронных систем : пособие к курсовому проектированию для студ. спец. «Электронно-оптические системы и технологии» всех форм обуч. / А.А. Костюкевич, В.М. Бондарик, А.П. Достанко, В.Ф.Алексеев. - Минск : БГУИР, 2012. - 119 с.

[5] Роткоп Л.Л., Спокойный Ю.Е. Обеспечение тепловых режимов при конструировании радиоэлектронной аппаратуры. М.: «Сов. радио», 1976. – 232 с.

[6] Алексеев, В. Ф. Методика численного моделирования тепловых процессов в микроэлектронных структурах / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 3 / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2020. – С. 34–37.

[7] Алексеев, В. Ф. Программная реализация процесса оценки теплового режима средства медицинской электроники / В. Ф. Алексеев, Д. В. Лихачевский, Г. А. Пискун // Медэлектроника – 2018. Средства медицинской электроники и новые медицинские технологии : сборник научных статей XI Международная научно-техническая конференция, Минск, 5–6 декабря 2018 г. / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск, 2018. – С. 255-258.

[8] Программное обеспечение инженерного моделирования физических процессов. Лабораторный практикум. В 2 ч. Ч. 1 : Тепловые режимы работы и защиты конструкций РЭС от механических воздействий : пособие / В. Ф. Алексеев, И. Н. Богатко, Г. А. Пискун. – Минск : БГУИР, 2017. – 124 с.

[9] Алексеев, В. Ф. Особенности формализации задач принятия проектных решений при автоматизации проектирования радиоэлектронных средств / В. Ф. Алексеев // Известия Белорусской инженерной академии. - Минск, 2004. – № 1 (17/4). – С. 250–259.

[10] Build complete website with Docusaurus [Электронный ресурс]. URL: https://dev.to/parseable/build-complete-website-with-docusaurus-4ccg (Дата обращения: 15.01.2024).

Авторский вклад

Пискун Геннадий Адамович – постановка задачи исследования, описание языка *Markdown*, выделение преимуществ генератора *Docusaurus*, анализ полученных результатов.

Алексеев Виктор Федорович – руководство исследованием по оценке актуальности и доступности веб-приложений, разработанных с использованием генератора *Docusaurus*.

Воронко Тимофей Максимович – описание применимости генератора *Docusaurus*, разработка приложения, которое демонстрирует особенности и один из вариантов использования *Docusaurus*, формирование структуры статьи.

SINGLE PAGE APPLICATION GENERATOR FOR AUTOMATING OF DOCUMENTATION CREATION DOCUSAURUS

G.A. Piskun
Associate Professor, Department of Information Computer Systems Design, PhD of Technical sciences, Associate Professor

V.F. Alekseev
Associate Professor, Department of Information Computer Systems Design, PhD of Technical sciences, Associate Professor

T.M. Voronko
Software Engineer of the Center of Information Technologies of National Statistical Committee of the Republic of Belarus, master student of BSUIR

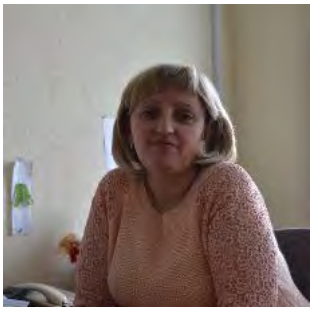
Abstract. An analysis of the relevance and applicability of the Docusaurus single-page web application generator is presented, the advantages of this tool when working with documentation and developing modern web applications are described, one of the ways to create an application using Docusaurus is demonstrated using the example of a program containing reference information on the topic: «Choosing a cooling method radio-electronic device at an early stage of design».

Using Docusaurus has been found to make writing documentation easier and also improve the accessibility and responsiveness of a web application.

Keywords: Docusaurus, documentation, Markdown, generator.

УДК 004.62-047.44:378

ПРЕОБРАЗУЮЩЕЕ ВЛИЯНИЕ BIG DATA И ADVANCED ANALYTICS НА ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ СТРАТЕГИИ



В.В. Верняховская
Заместитель декана инженерно-экономического факультета БГУИР, магистр экономических наук
verniahovskaya@bsuir.by

О.М. Раптунович
Ассистент кафедры экономической информатики БГУИР
oraptunovich@gmail.com

В.В. Верняховская
Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Магистр экономических наук. Работает заместителем декана инженерно-экономического факультета БГУИР. Направления исследований: трансфер технологий, инновационная деятельность, информационные технологии в маркетинге.

О.М. Раптунович
Окончила Частный Институт Управления и Предпринимательства. Работает ассистентом кафедры экономической информатики.

Аннотация. В данной статье рассматривается преобразующее влияние *Big Data* и *Advanced Analytics* на образовательные стратегии. Мы проанализируем способы применения данных для персонализации образования и выявления ключевых факторов успеха в учебном процессе. Кроме того, рассмотрим этические аспекты работы с большим объемом персональных данных студентов.

Ключевые слова: *Big Data*, *Advanced Analytics*, информация, данные, образование, закономерность, анализ.

Введение. В последние десятилетия произошли значительные изменения в различных сферах жизни, и образование не является исключением. С учетом постоянно развивающихся технологий и доступности огромного объема данных, таких как *Big Data*, возникла новая перспективная область – *Advanced Analytics*, которая обладает потенциалом перевернуть образовательные стратегии.

Big Data – это огромные объемы данных, которые накапливаются в различных источниках, таких как социальные сети, интернет-сайты, мобильные устройства, датчики, транзакции, и другие, и характеризуются тремя основными аспектами – объемом, разнообразием и скоростью обработки. В экономике *Big Data* представляют собой ценный источник информации, который может использоваться для анализа рынков, потребительского поведения, финансовых операций, производственных процессов и других аспектов экономической деятельности [1].

Big Data представляют собой огромные объемы данных, которые собранны из различных источников и содержат информацию о миллионах людей и социальных активностях. *Advanced Analytics* – это метод анализа этих данных, направленный на выявление скрытых закономерностей и получение ценных инсайтов. Совместное

использование этих двух явлений открывает уникальные возможности для изменения подходов к образованию.

Значительное преимущество использования *Big Data* состоит в способности определить индивидуальные потребности каждого студента. Путем анализа больших объемов данных можно выявить особенности обучения каждого студента: его предпочтения, успехи или сложности в изучении определенных предметов. Эта информация может быть использована для того, чтобы индивидуализировать учебные материалы и методики, обеспечивая более эффективное и персонализированное обучение [2].

Одно из главных преимуществ внедрения *Advanced Analytics* в образование – это способность эффективно анализировать большие объемы данных, которые генерируются в учебном процессе. С помощью этой технологии можно собирать, хранить и анализировать различные данные студентов, такие как результаты тестирования, академический прогресс, поведение студентов и многое другое. Это позволяет более точно выявлять индивидуальные потребности каждого студента и создавать персонализированные программы обучения.

Advanced Analytics также предлагает новые возможности для оценки качества образования. Анализ данных позволяет не только измерить успехи студентов в рамках конкретных курсов или программ обучения, но и определить факторы, которые могут повлиять на его успешность или неуспешность. Это позволяет принимать взвешенные решения при разработке стратегий образовательных программ и адаптировать их с учетом потребностей студентов.

Big Data и *Advanced Analytics* предлагают новые подходы к анализу структурированных и неструктурированных данных в образовательных учреждениях, позволяя выявлять скрытые закономерности и тренды, построить прогностические модели и проводить более точный мониторинг результативности образовательного процесса.

Структурированные данные – это информация, которая хранится в базах данных или таблицах, имеющих определенную структуру. Это могут быть оценки студентов, данные посещаемости или академическая успеваемость. Анализ таких данных позволяет выявить зависимости между различными факторами и определить успешность применяемых педагогических методик.

Неструктурированные данные – это информация, которая не имеет определенной структуры и может быть представлена в различных форматах, таких как текстовые документы, электронные письма или записи звуковых файлов. Анализ неструктурированных данных может помочь выявить негативные тенденции или потенциальные риски для учебного процесса.

Однако при использовании *Big Data* и *Advanced Analytics* следует учитывать ряд ограничений. Среди них - необходимость защиты персональных данных студентов, а также сложность интерпретации результатов анализа.

Анализ структурированных и неструктурированных данных в образовательных учреждениях с помощью *Big Data* и *Advanced Analytics* является мощным инструментом для оптимизации образовательных стратегий. Он позволяет выявить скрытые закономерности, повысить эффективность преподавания и достичь лучших результатов в сфере образования.

В заключение можно сказать, что *Big Data* и *Advanced Analytics* имеют огромный потенциал для трансформации образовательных стратегий. Они позволяют получить ценную информацию из большого количества данных, выявить скрытые закономерности и принять инновационные решения в сфере образования. Однако, необходимо учитывать этические аспекты при использовании *Big Data* для защиты интересов студентов и обеспечения конфиденциальности данных.

Список литературы

[1] Марков А.Н., Буюков В.Е., К.И.Котельников. Применение Big Data в системе образования // **BIG DATA** и анализ высокого уровня = BIG DATA and Advanced Analytics : сб. науч.ст. IX Междунар. науч.-практ. конф. В 2 ч. Ч. 1 (Республика Беларусь, Минск, 17–18 мая 2023 года) / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск : БГУИР, 2023. – С. 459-464

[2] Ким Д.В., Ковалев А.Г. Аналитика данных в системе образования: современное состояние и перспективы развития. Вестник Челябинского государственного университета, 2018, т. 17, №40. С. 7-13. [Электронный ресурс]. Режим доступа https://cyberleninka.ru/article/n/analitika-dannyh-v-sisteme-obrazovaniya-sovremennoe-sostoyanie-i-perspektivy-razvitiya/viewer]

Авторский вклад

Авторы внесли равноценный вклад в написании статьи

TRANSFORMATIVE IMPACT OF BIG DATA AND ADVANCED ANALYTICS ON EDUCATIONAL STRATEGIES

V. Vernyakhovskaya
Master of economics, Deputy Depaty Dean of the faculty of engineering and Economics at BSUIR

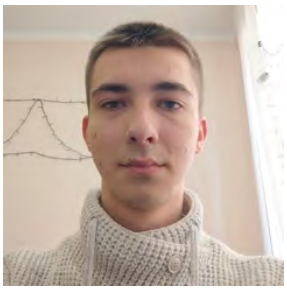
O. Raptunovich
Assistant of the Department of Economic Informatics at BSUIR

Annotation. Transformative impact of Big Data and Advanced Analytics on educational strategies are examined in the paper. It explores the ways how data can be used to personalize education and identify key success factors in the learning process. Ethical aspects of working with a large amount of personal data of students are considered.

Keywords: Big Data, Advanced Analytics, information, data, education, patterns, analysis.

УДК 004.855.5

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПРОЦЕССАХ ОБУЧЕНИЯ И РАЗВИТИЯ ПЕРСОНАЛА



С.А. Байчик
Инженер-программист ОИТ ЦИИР БГУИР
s.bajchik@bsuir.by

С.Н. Нестеренков
Кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерных систем и сетей БГУИР, доцент кафедры ПОИТ
s.nesterenkov@bsuir.by

Ю.И. Голубович
Инженер-программист ОИТ ЦИИР БГУИР
gyuliya2001@gmail.com

С.А. Байчик
Окончил БГУИР в 2023 году по специальности «Проектирование и производство программно-управляемых электронных средств»

С.Н. Нестеренков
Кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации.

Ю.И. Голубович
Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2023 году по специальности «Информатика и технологии программирования».

Аннотация. Данная статья посвящена интеграции искусственного интеллекта в процессы обучения и развития персонала. В статье будет представлено текущее состояние подготовки персонала, а также влияние искусственного интеллекта (ИИ) на эти процессы. Основным объектом исследования статьи является анализ применения искусственного интеллекта в контексте обучения и профессионального развития, с обзором преимуществ и недостатков интеграции этой технологии в образовательные практики. Целью данной работы является оценка эффективности использования искусственного интеллекта для улучшения обучения и развития сотрудников.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, обучение и развитие, эффективность.

Введение. В современном быстро изменяющемся мире технологического прогресса компании вынуждены переосмысливать свои стратегии в области обучения и развития персонала. Экспоненциальное развитие технологий создает необходимость в более гибких и персонализированных подходах к профессиональному росту сотрудников. Именно здесь на сцену выходят искусственный интеллект и машинное обучение, предоставляя компаниям инновационные инструменты для совершенствования образовательных процессов.

Искусственный интеллект, опираясь на обширные объемы данных, способен выявлять индивидуальные потребности каждого сотрудника и предоставлять персонализированные образовательные материалы. Этот подход к обучению не только

повышает эффективность процесса, но и создает более мотивирующую среду для обучения, учитывая особенности и скорости усвоения информации [1].

Текущее состояние обучения и развития персонала. Обучение на рабочем месте представляет собой процесс, в рамках которого сотрудники приобретают новые знания и навыки, необходимые для успешного выполнения своих трудовых обязанностей. Это обучение может быть организовано как формальное, ведомое специалистами по обучению, так и неформальное, осуществляемое путем обмена опытом и самообучения.

На сегодняшний день компании сталкиваются с несколькими ключевыми проблемами в области обучения и развития персонала. Одной из них является нехватка персонализации в традиционных методах образования. Обучающие программы, не учитывающие индивидуальные потребности и уровень подготовки сотрудников, могут оказаться неэффективными и мало мотивирующими. Другой проблемой является отсутствие моментальной обратной связи. Долгий процесс оценки результатов обучения и предоставление обратной связи ограничивают способность компаний к оперативной корректировке образовательных процессов в реальном времени. Ограниченный доступ к образовательным ресурсам также является вызовом. Сотрудники могут сталкиваться с ограничениями в получении необходимой информации и курсов, что мешает им активно участвовать в процессе профессионального роста.

Внедрение искусственного интеллекта в процессы обучения на рабочем месте раскрывает новые перспективы для более эффективного и персонализированного обучения. Системы и программы ИИ способны проводить анализ данных о производительности сотрудников, оценивать их уровень знаний и навыков, а также предоставлять индивидуальные обучающие материалы и задания [2].

Роль искусственного интеллекта в обучении и развитии. Обучение на рабочем месте, внедряя искусственный интеллект, предоставляет ряд преимуществ способных существенно улучшить процесс обучения и повысить эффективность сотрудников. Рассмотрим некоторые из них:

1 Персонализация обучения. Системы искусственного интеллекта могут анализировать навыки, потребности и темп обучения каждого сотрудника для создания рекомендательных решений, которые предлагают сотрудникам релевантные обучающие материалы и ресурсы. На основе анализа профиля и предпочтений сотрудника, система может рекомендовать ему курсы, статьи или видео, которые помогут ему развиваться в нужных областях. Это позволяет сотрудникам получать персонализированные рекомендации и улучшает их обучение [3].

2 Автоматизация процесса обучения. Системы искусственного интеллекта могут автоматически адаптировать и предоставлять обучающие материалы, учитывая индивидуальные особенности каждого сотрудника. Это сокращает время, необходимое для усвоения материала, и повышает эффективность обучения. Кроме того, ИИ поддерживает динамичное обновление обучающих материалов в соответствии с изменениями в бизнес-среде. Системы могут мониторить тренды и актуализировать контент, обеспечивая сотрудникам актуальные и релевантные знания. Это особенно важно в сферах, где обновление информации критично, например, в области технологий или законодательства.

3 Непрерывное обучение. Искусственный интеллект позволяет организовать обучение на рабочем месте в режиме реального времени, что позволяет сотрудникам получать новые знания и навыки по мере необходимости. Обучение может быть доступно в любое время и из любого места. Сотрудники могут получать знания через онлайн-платформы или мобильные приложения, что позволяет им учиться в удобное для них время и темпе.

4 Анализ эффективности обучения. Искусственный интеллект может анализировать данные обучения и предоставлять детальную информацию о прогрессе сотрудников. Это позволяет оценить эффективность обучения, выявить слабые места и принять меры для их устранения. Также можно использовать аналитику для определения наиболее эффективных методов обучения и разработки будущих программ обучения.

Использование искусственного интеллекта может быть направлено на создание виртуальных тренажеров и симуляторов, предоставляющих сотрудникам возможность практиковать навыки и решать реалистичные задачи прямо на рабочем месте. Например, в области медицинского обучения виртуальные симуляторы могут служить инструментом для тренировки медицинских студентов и врачей в проведении сложных операций или диагностики заболеваний. Это позволяет сотрудникам получать практический опыт, минимизируя риски для пациентов, и повышает качество обучения.

Интеллектуальные ассистенты в обучении представляют собой инновационные средства, направленные на повышение эффективности и доступности образования в рабочей среде, способствуя профессиональному росту и развитию сотрудников. Эти ассистенты обеспечивают автоматизированное предоставление информации, предлагая объяснения и ответы на вопросы сотрудников. Мгновенная обратная связь, предоставляемая интеллектуальными ассистентами, позволяет сотрудникам лучше понимать свой прогресс, выявлять ошибки и улучшать свои навыки [4].

Проблемы и ограничения обучения на рабочем месте с использованием ИИ. Внедрение искусственного интеллекта в процессы обучения сопряжено с рядом проблем и ограничений, которые могут затруднять успешную реализацию этого подхода.

Одним из главных вызовов, стоящих перед внедрением искусственного интеллекта в процессы обучения на рабочем месте, является обеспечение высокого качества данных. Для успешного обучения моделей искусственного интеллекта требуется доступ к обширным и качественным данным. В реальных рабочих условиях, однако, возникают сложности в сборе достаточного объема данных, исключая возможность их неполного или неточного предоставления. Это, в свою очередь, может повлиять на точность и надежность моделей искусственного интеллекта.

Применение искусственного интеллекта на рабочем месте может вызвать ряд этических вопросов. Например, автоматизация и замена работников роботами или алгоритмами могут привести к потере рабочих мест и вызвать социальные проблемы. Помимо этого, использование искусственного интеллекта может увеличить риск нарушения конфиденциальности данных или дискриминации. Данные этические вопросы требуют внимательного внимания и разработки соответствующих политик и регулирования.

Искусственный интеллект может быть непредсказуемым и не всегда давать ожидаемые результаты. Модели искусственного интеллекта бывают сложными и не всегда легко понимаемыми для людей. Это может вызывать трудности при принятии решений на рабочем месте, особенно в ситуациях, когда принятые решения могут иметь серьезные последствия. Необходимо разрабатывать методы и инструменты для объяснения и интерпретации результатов моделей искусственного интеллекта с целью повышения их прозрачности и доверия [5].

Компании, использующие ИИ для обучения сотрудников. Компания *Intel* внедряет собственную разработку, которая анализирует данные о навыках, опыте и интересах своих сотрудников, создавая для каждого цифровой профиль. Используя эту информацию, нейросети разрабатывают персонализированные обучающие программы и карьерные планы. Особую важность представляет факт, что это не просто анализ данных, а забота о профессиональном росте каждого сотрудника. Нейросети предлагают индивидуальные обучающие маршруты, выявляют сильные стороны команды и

способствуют ее развитию. Компания также направляет свой подход на усиление человеческого потенциала. Например, искусственный интеллект *MARIE* ежедневно взаимодействует с сотрудником на производстве, анализирует его действия, оказывает помощь как советами, так и физически, предоставляя в конце рабочего дня статистику и рекомендации.

В компании *Skyeng* нейросети играют важную роль в формировании индивидуальных образовательных программ. Данные о опыте, предпочтениях и знаниях сотрудников используются искусственным интеллектом для создания персонализированных учебных маршрутов. Это означает, что искусственный интеллект адаптируется к уровню преподавателя и подстраивается под его стиль преподавания.

Прогрессивный подход *Skyeng* включает непрерывную оценку учебных занятий. Нейросеть систематически анализирует уроки и предоставляет обратную связь учителям, помогая им повышать качество обучения. Данные, собранные за год, включая выводы нейросети и рекомендации методистов, используются для разработки программ обучения педагогов, способствуя стабильному росту и совершенствованию их преподавательских навыков [3].

Компания *IBM* активно интегрирует искусственный интеллект в процессы обучения и развития своих сотрудников, применяя в этом контексте технологии *IBM Watson*. Инструмент анализирует данные о каждом сотруднике, учитывая их предыдущий опыт, выполнение задач и уровень образования. На основе полученных данных формируются индивидуализированные образовательные планы, нацеленные на удовлетворение уникальных потребностей каждого работника. Это обеспечивает возможность обучаться сотрудникам в соответствии с их индивидуальным темпом и уровнем знаний. *IBM Watson* также используется для предсказания будущих потребностей в навыках внутри компании. Это позволяет заранее готовить сотрудников к необходимым изменениям в требованиях рынка труда, обеспечивая их адаптацию к новым требованиям и повышение конкурентоспособности в профессиональной среде [2].

Заключение. Внедрение искусственного интеллекта в процессы обучения и развития персонала представляет собой неотъемлемую часть современного корпоративного мира. Технологии ИИ прочно встраиваются в текучие процессы обучения, предоставляя персонализированные планы, автоматизируя создание обучающих материалов и предсказывая будущие потребности в навыках. Несмотря на перспективы, существуют вызовы, такие как проблемы с данными, сопротивление со стороны персонала и этические вопросы, которые требуют внимания. Компании, внедряющие ИИ в обучение сотрудников, находятся в ряду инноваторов, повышая эффективность обучения и готовность персонала к быстро меняющимся условиям рынка. Успешные практики интеграции искусственного интеллекта в процессы обучения, предоставленные различными организациями, подчеркивают потенциал данной технологии для повышения конкурентоспособности и достижения стратегических целей.

Таким образом, искусственный интеллект становится неотъемлемым инструментом, обеспечивающим компаниям новые возможности для эффективного управления знаниями и подготовки персонала к вызовам современного бизнес-мира.

Список литературы

[1] Душкин, Р.В. Искусственный интеллект / Р.В. Душкин, Д.А. Мовчан – М. : ДМК Пресс, 2019. – 280 с.

[2] Thomas H. Davenport. «The AI Advantage: How to Put the Artificial Intelligence Revolution to Work», 2021. P.27-29.

[3] Paul R. Daugherty. «Human + Machine: Reimagining Work in the Age of AI» / Paul R. Daugherty, H. James Wilson, 2022.P.15-20

[4] Балаганская, В.С. Искусственный интеллект в управлении персоналом: возможности и риски / В.С. Балаганская, О.Л. Чуланова // Новое поколение. - 2019. - № 20. - С. 19–24.

[5] Москвин, В.А. Опасности и риски искусственного интеллекта (анализ и практические рекомендации) : монография / В.А. Москвин. – Москва: КУРС, 2019. - 288 с.

Авторский вклад

Байчик Сергей Александрович – исследование и описание роли искусственного интеллекта в обучении и развитии персонала, анализ методов применения ИИ в корпоративном обучении, предоставление практических примеров и успешных практик.

Нестеренков Сергей Николаевич – анализ проблем и вызовов, с которыми сталкиваются компании при использовании ИИ на рабочем месте.

Голубович Юлия Игоревна – формулировка цели и задач исследования, анализ современных тенденций в области обучения и развития персонала с акцентом на использование искусственного интеллекта.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PERSONNEL TRAINING AND DEVELOPMENT PROCESSES

S.A. Baichyk
Software Engineer ITD CIID

S.N. Nesterenkov
PhD, Associate Professor Dean of the Faculty of Computer Systems and Networks

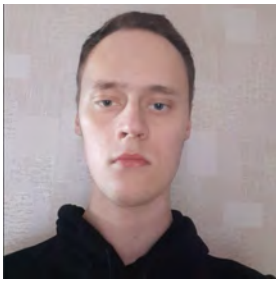
Y.I. Golubovich
Software Engineer ITD CIID

Abstract. This article is devoted to the integration of artificial intelligence into the processes of training and personnel development. The article will present the current state of personnel training, as well as the impact of artificial intelligence (AI) on these processes. The main object of study of the article is the analysis of the use of artificial intelligence in the context of training and professional development, with an overview of the advantages and disadvantages of integrating this technology into educational practices. The purpose of this work is to evaluate the effectiveness of using artificial intelligence to improve employee training and development.

Keywords: Artificial intelligence, training and development, efficiency.

УДК 338.681:336.768

СМАРТ-КОНТРАКТЫ И ИХ РОЛЬ В ОБЕСПЕЧЕНИИ ДОВЕРИЯ В ФИНАНСОВЫХ ТРАНЗАКЦИЯХ



С.Н. Барсукевич
Инженер-программист в ОИТ ЦИИР БГУИР
mx2002bsn0307@gmail.com

С.Н. Нестеренков
Декан факультета компьютерных систем и сетей БГУИР, кандидат технических наук, доцент
s.nesterenkov@bsuir.by

П.С. Жуковец
Инженер-программист в ОИТ ЦИИР БГУИР, ассистент кафедры ЭВМ
pzhukovetc@gmail.com

С.Н. Барсукевич

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники по специальности "Информатика и технологии программирования". Работает инженером-программистом в отделе информационных технологий ЦИИР БГУИР.

С.Н. Нестеренков

Кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцента кафедры программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации.

П.С. Жуковец

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Работает инженером-программистом в отделе информационных технологий ЦИИР БГУИР, ассистент кафедры ЭВМ.

Аннотация. Смарт-контракты, основанные на блокчейн-технологии, представляют собой программный код, который автоматизирует и обеспечивает выполнение условий соглашений между участниками в децентрализованной среде. В данной статье рассматривается сущность смарт-контрактов, их роль в финансовых отношениях. С их помощью устраняется необходимость в посредниках и традиционных финансовых учреждениях, что сокращает риски мошенничества и снижает операционные издержки. Автоматизированный характер смарт-контрактов обеспечивает прозрачность и надежность исполнения соглашений, повышая уровень доверия среди сторон. Обозреваются возможности применения смарт-контрактов в финансовой системе и их влияние на эффективность и безопасность финансовых транзакций, определяются перспективы развития децентрализованных финансовых отношений.

Ключевые слова: смарт-контракт, блокчейн, цифровая экономика.

Введение. Цифровая экономика становится все более важной в современном мире, изменяя способы ведения бизнеса, взаимодействия и потребления. Развитие цифровой экономики открывает огромные возможности, но также накладывает свои особенные вызовы, которые требуют внимания и инноваций.

Одной из ключевых составляющих развития цифровой экономики является цифровая трансформация. Компании во всех отраслях ищут новые способы улучшения производственных процессов, обогащаются клиентским опытом, создают новые

продукты и услуги. В свою очередь, цифровая экономика непосредственно связана с четвертой промышленной революцией, которая означает период интеграции передовых технологий в производственные процессы и общество в целом. Искусственный интеллект, интернет вещей, блокчейн и облачные вычисления играют ключевую роль в этом процессе, открывая новые горизонты и возможности для бизнеса [1].

Однако развитие цифровой экономики также влечет за собой вопросы безопасности и приватности данных. Все большее количество информации становится доступным в цифровой форме, что создает необходимость в эффективной защите данных от киберугроз и злоупотреблений.

Несмотря на вызовы, развитие цифровой экономики предлагает множество потенциальных преимуществ для бизнеса, общества и экономики в целом. Открытие большинства новых возможностей требует эффективного регулирования, инвестиций в инновации и образование, а также стимулирования предпринимательской активности и развития цифровой инфраструктуры.

Развитие цифровой экономики представляет собой важный этап в эволюции бизнеса и общества. Однако для успешной реализации этого потенциала необходимо принимать новые решения в области безопасности, доступности и эффективности и продолжать инвестировать в инновации и развитие.

Основная часть. Финансовые отношения в традиционной форме в значительной степени зависят от документооборотных систем и сторонних посредников. Соответственно, при этом процессы усложняются множеством этапов и вовлечением человеческих ресурсов так, что это может привести к неэффективности, мошенничеству и отсутствию конфиденциальности.

Так появилась новая технология смарт-контрактов, которая позволяет автоматизировать, упростить и обезопасить договорной процесс сторон.

Однако проблемным местом оставались системы платежей, которые раньше всегда имели доверенных посредников, что не позволяло сделать систему абсолютно автоматической, действующей лишь согласно выполненным условиям вне зависимости от воли какого-либо исполнителя. Практические реализации концепции смарт-контракта стали возможными благодаря появлению технологии блокчейн, что обеспечило контрактам полную автономность и позволило отказаться от третьей стороны, выполнявшей роль контролёра и арбитра [2].

При помощи первых смарт-контрактов уже можно было выстраивать сложную бизнес-логику на основе блокчейна, но были и особенности, не позволяющие им конкурировать с традиционными инструментами. В частности, весь смарт-контракт должен был помещаться в одну транзакцию, так как взаимодействие в блокчейн-сети реализовано при помощи них. В дальнейшем это ограничение преодолели. Также смарт-контракты не имели доступа к данным вне блокчейн-сети. Сейчас это решается с помощью оракулов. Оракул (*Oracle*) – это внешний источник данных или сервис, который предоставляет информацию из «внешнего мира». Оракулы предоставляют механизм для передачи внешних данных в смарт-контракт. Эти данные могут включать в себя информацию о ценах активов, результаты спортивных событий, погодные условия и многое другое. Оракулы могут быть реализованы как программные компоненты, *API* или узлы, которые могут предоставлять информацию о внешних событиях [3].

Сравним традиционный контракт и смарт-контракт (представлены на рисунке 1). Обычный контракт – это письменное или устное соглашение между двумя или более сторонами, в котором они определяют права, обязанности и условия, согласно которым они согласны взаимодействовать друг с другом. Он включает множество шагов, требующих человеческого вмешательства. Традиционные контракты обычно осуществляются через централизованные органы или институты, такие как правительство,

адвокаты или нотариусы, а их исполнение и регулирование требуют дополнительных шагов и вмешательства третьих сторон в случае нарушения. Как видно на схеме, смарт-контракт упрощает процесс заключения сделки, облегчая задачу для сторон договора.

Рисунок 1. Сравнение контракта со смарт-контрактом

Далее рассмотрим природу смарт-контрактов. Обозначим основные объекты смарт-контракта [3]:

1 Подписанты – стороны смарт-контракта, принимающие условий с использованием электронных подписей или отказывающиеся от них. Прямым аналогом является подпись отправителя средств в сети *Bitcoin*, которая подтверждает внесение транзакции в цепочку блоков.

2 Предмет договора. Предметом договора может являться только объект, находящийся внутри среды существования самого смарт-контракта, или же должен обеспечиваться беспрепятственный, прямой доступ смарт-контракта к предмету договора без участия человека.

3 Условия. Условия смарт-контракта должны иметь полное математическое описание, которое возможно запрограммировать в среде его существования. Именно в условиях описывается логика выполнения пунктов предмета договора.

4 Децентрализованная платформа. Для распределенного хранения смарт-контракта необходима его запись в блокчейне этой платформы.

Создание смарт-контракта предполагает следующие пункты:

1 Определение положений и условий: вовлеченные стороны принимают решение о сроках и условиях контракта, включая правила, действия и любые триггеры для его выполнения.

2 Выбор среды развертывания: выбирается блокчейн-платформа, поддерживающая смарт-контракты (например, *Ethereum*, *Binance Smart Chain* и т. п.).

3 Реализация кода: как только положения и условия определены, программист пишет код смарт-контракта, используя определенный язык программирования, совместимый с выбранным блокчейном (например, *Solidity* для *Ethereum*).

4 Развертывание смарт-контракта: закодированный смарт-контракт развертывается в выбранной платформе, создавая для него уникальный адрес.

Смарт-контракты предоставляют функции, которые могут вызывать пользователи. Эти функции могут считывать или изменять состояние контракта. Пользователи или другие смарт-контракты могут инициировать транзакции с помощью текущего развернутого смарт-контракта, отправив транзакцию на его адрес. Транзакции транслируются в сеть и проверяются узлами с помощью механизма консенсуса (например, *proof-of-work* или *proof-of-stake*). Как только транзакция подтверждена, выполняется код смарт-контракта, и состояние контракта может быть обновлено на основе определенных правил. Состояние смарт-контракта обновляется в соответствии с правилами, закодированными в контракте. Это может включать передачу прав собственности, обновление балансов или другие изменения. Обновленное состояние сохраняется в блокчейне, обеспечивая прозрачность и неизменность. Жизненный цикл смарт-контракта представлен на рисунке 2.

Рисунок 2. Жизненный цикл смарт-контракта

Смарт-контракты могут генерировать события во время выполнения для регистрации определенных событий или запуска внешних систем. Пользователи или другие контракты могут прослушивать эти события, чтобы получать уведомления об изменениях в состоянии контракта. Если смарт-контракту требуются данные реального мира, он может использовать оракулы для получения внешней информации. Код смарт-контракта содержит инструкции о том, как взаимодействовать с оракулами для получения необходимых данных. Пользователи платят комиссию за транзакции майнерам или валидаторам за обработку и подтверждение транзакций в блокчейне.

Смарт-контракты уже оказывают значительное влияние на различные аспекты финансовых услуг. Реализация этих контрактов в реальных сценариях демонстрирует их преобразующий потенциал.

Существует разные типы смарт-контрактов в зависимости от их свойств [3]:

- среда выполнения: централизованные и распределенные;
- анонимность: конфиденциальные, частично открытые и полностью открытые;
- механизм инициирования: ограниченные и предустановленные;
- степень автоматизации:

1 полностью автоматизированные – смарт-контракт хранится только в блокчейне и не требует физического подтверждения;

2 частично автоматизированные – договор хранится в блокчейне, а также имеет бумажный вид;

3 автоматизированные преимущественно в хранилище.

Тип смарт-контракта, который будет использоваться, зависит от проводимой сделки.

Поскольку смарт-контракты выполняют соглашения, их можно использовать для самых разных целей. Одним из простейших применений является обеспечение совершения транзакций между двумя сторонами, таких как покупка и доставка товаров. Например, производитель, нуждающийся в сырье, может настроить платежи с помощью смарт-контрактов, а поставщик может настроить отгрузки. Затем, в зависимости от соглашения между двумя предприятиями, средства могут быть автоматически переведены поставщику при отгрузке или при доставке груза.

Одним из заметных применений смарт-контрактов является торговля ценными бумагами, где традиционный процесс расчетов часто занимает большое количество времени и включает в себя множество посредников. Смарт-контракты могут автоматизировать весь процесс расчетов, начиная заключением сделки и заканчивая передачей ценных бумаг.

Смарт-контракты преобразуют страховую отрасль, автоматизируя обработку претензий. При выполнении заранее определенных условий, таких как задержка рейса или погодные условия, смарт-контракты могут автоматически инициировать выплату страховых возмещений. Это не только ускоряет процесс урегулирования претензий, но и снижает административные издержки страховых компаний.

Децентрализованные кредитные платформы (сервисы, предлагающие займы под залог без участия посредников) используют смарт-контракты для облегчения одноранговогo кредитования без необходимости в традиционных финансовых посредниках.

Смарт-контракты также используются в финансировании цепочки поставок для автоматизации и обеспечения безопасности транзакций между различными ее участниками. Это включает автоматическое выделение средств при выполнении заранее определенных условий, таких как успешная доставка товаров. Смарт-контракты оцифровывают и автоматизируют эти процессы, тем самым снижая риск мошенничества и повышая эффективность финансирования цепочки поставок.

Смарт-контракты играют решающую роль в токенизации активов, когда физические активы, такие как недвижимость или предметы искусства, представлены в виде цифровых токенов на блокчейне. Эти токены программируются с помощью смарт-контрактов, что позволяет автоматизировать такие процессы, как распределение дивидендов и передача права собственности. Это повышает ликвидность и доступность для более широкого круга инвесторов.

Поскольку внедрение смарт-контрактов продолжает расти, будущее финансовых услуг, вероятно, будет все более децентрализованным, автоматизированным и эффективным.

Появление децентрализованных кредитных платформ, поддерживаемых смарт-контрактами, является важной тенденцией в финансовой сфере. Децентрализованный характер этих платформ обеспечивает пользователям больший контроль над своими активами и финансовой деятельностью.

В то время как децентрализованные платформы набирают обороты, существует также потенциал интеграции смарт-контрактов с традиционными финансовыми институтами. Эта интеграция может привести к созданию гибридных систем, в которых преимущества технологии блокчейн и смарт-контрактов будут использоваться в рамках существующих финансовых структур. Это могло бы привести к более эффективным и прозрачным финансовым процессам, приносящим пользу как учреждениям, так и их клиентам.

Смарт-контракты потенциально могут упростить и ускорить трансграничные транзакции. Автоматизация процессов исполнения контрактов и расчетов может значительно сократить время и затраты, связанные с международными транзакциями. Это

особенно перспективно для предприятий, занимающихся глобальной торговлей, где задержки и сборы при трансграничных платежах могут быть существенными.

Внедрение смарт-контрактов в финансовых транзакциях сопряжено с определенными нюансами. Хотя технология блокчейн известна своими функциями безопасности, смарт-контракты не застрахованы от уязвимостей. Одной из проблем является обеспечение безопасности и исправности программного кода и устойчивости к кибератакам. Стоит учитывать, что те же оракулы влияют на доверие в системе, так как они могут быть подвержены взлому или манипуляциям. Разработчики смарт-контрактов должны выбирать оракулы с осторожностью и учитывать вопросы безопасности.

Другой из проблем является юридическая сторона, а именно то, что он будет исполняться даже при наличии пороков воли или недобросовестности. Если компьютерная программа не оставляет возможности вмешательства с целью разрешения возможных споров, то наиболее эффективным средством правовой защиты была бы подача кондикционного иска в суд, но уже после исполнения смарт-контракта. Таким образом, смарт-контракты потенциально могут значительно ограничить вариативность судебных разбирательств. Так, если в настоящее время большинство исков подаются с целью возмещения убытков вследствие неисполнения (ненадлежащего исполнения) договорных обязательств, то исходя из того, что алгоритм смарт-контракта не допускает такого варианта развития событий, иски будут подаваться уже для того, чтобы отменить исполнение договора и с требованием возмещения убытков [4].

В дополнение, высокая цена разработки умного контракта может стать причиной отказа от его использования. Также после разработки важно провести аудит третьей стороной, чтобы убедиться, что всё работает правильно – это тоже дорогостоящая услуга.

Заключение. Современный мир находится в постоянной динамике, поэтому принципы «*pacta sunt servanda*» («договоры должны соблюдаться») и «*rebus sic stantibus*» («договор остается в силе до тех пор, пока остаются неизменными обстоятельства, обусловившие его заключение и действие») действуют одновременно [5].

Следует признать, что не все традиционные принципы гражданского права подходят для смарт-контрактов, тем не менее стороны договора по-прежнему будут нуждаться в традиционной правовой защите. Возможно, речь должна идти о разработке специальных принципов в сфере применения смарт-контрактов наряду с совершенствованием самого программного кода. Правовая природа смарт-контракта неоднозначна и до настоящего времени является предметом дискуссий в юридическом сообществе. В связи с этим большинство государств мира до сих пор законодательно не регламентировали этот вопрос. К сожалению, отсутствуют и соответствующие международно-правовые акты, способствующие единообразному восприятию и регулированию. Однако инновационные технологии не стоят на месте, процессы глобализации и цифровизации в значительной степени влияют на общество и экономику, а с развитием технологий неизбежно следует преобразование права.

По мере того, как внедрение смарт-контрактов становится все более распространенным, регулирующие органы, вероятно, эволюционируют, чтобы обеспечить четкие рекомендации по их использованию. Соответственно, нормативно-правовая база должна будет адаптироваться с учетом уникальных характеристик смарт-контрактов, решая такие вопросы, как действительность контрактов, разрешение споров и защита потребителей. Четкие и поддерживающие нормативные акты сыграют решающую роль в содействии широкому внедрению смарт-контрактов в сфере финансовых услуг.

В целом, смарт-контракты открывают новые перспективы для обеспечения доверия в финансовых транзакциях. Не смотря на проблемы и риски, они представляют

собой мощный инструмент для повышения безопасности, прозрачности и эффективности в проведении финансовых операций в современном цифровом мире.

Список литературы

[1] Marcelo Corrales Compagnucci , Mark Fenwick , Stefan Wrbka. Technological, Business and Legal Perspectives. 2021.

[2] Mentsiev, A. U., E. R. Guzueva, S. M. Yunaeva, M. V Engel, and M. V Abubakarov. Blockchain as a technology for the transition to a new digital economy. Journal of Physics: Conference Series 1399. 2019.

[3] Zheng, Z.; Xie, S.; Dai, H.-N.; Chen, W.; Chen, X.; Weng, J.; Imran, M. An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms. Future Gener. Comput. Syst. 2020.

[4] Чурилов А. Ю. К проблеме понятия и правовой природы смарт-контракта // Юрист. 2020. № 7.

[5] Одинцов С. В., Зырянова О. И. Особенности правового регулирования цифровых технологий // Современное право. 2021. № 2. С. 125–130. DOI: 10.25799/NI.2021.35.10.019.

Авторский вклад

Барсукевич Сергей Николаевич – составление плана исследования, описание сущности смарт-контракта, сравнительный анализ с традиционным контрактом, исследование роли смарт-контракта в финансовых транзакциях, поиск материалов исследования.

Нестеренков Сергей Николаевич – постановка задачи и составление плана исследования.

Жуковец Петр Сергеевич – оценка цифровой экономики, анализ проблематики использования смарт-контрактов.

SMART CONTRACTS AND THEIR ROLE IN ENSURING TRUST IN FINANCIAL TRANSACTIONS

S.N. Barsukevich
Software engineer at Information Technologies Department, CIIE BSUIR

S.N. Nesterenkov
Dean of the Faculty of Computer Systems and Networks of BSUIR, PhD of Technical Sciences, Associate Professor

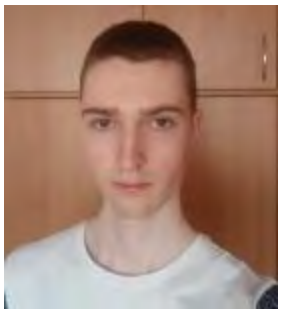
P.S. Zhukovetc
Software engineer at Information Technologies Department, CIIE BSUIR

Abstract. Blockchain-based smart contracts are software code that automates and enforces the terms of agreements between participants in a decentralised environment. This article discusses the essence of smart contracts and their role in financial relationships. They eliminate the need for intermediaries and traditional financial institutions, thereby reducing fraud risks and lowering transaction costs. The automated nature of smart contracts ensures transparency and reliability of execution of agreements, increasing the level of trust among the parties. The possibilities of smart contracts in the financial system and their impact on the efficiency and security of financial transactions are reviewed, and the prospects for the development of decentralised financial relations are identified.

Keywords: smart-contract, blockchain, digital economy.

УДК 004.8:005.8

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ АДАПТИВНЫХ СТРАТЕГИЙ



Е.И. Баяк
Инженер-программист ОИТ ЦИИР БГУИР
e.baiak@bsuir.by

С.Н. Нестеренков
Декан факультета компьтерных систем и сетей БГУИР, кандидат технических наук, доцент
s.nesterenkov@bsuir.by

Д.А Жалейко
Инженер-программист ОИТ ЦИИР БГУИР, магистрант факультета компьтерных систем и сетей БГУИР
d.zhalejko@bsuir.by

Е.И. Баяк

Окончил Белорусский государственный университете информатики и радиоэлектроники в 2023 году по специальности "Информатика и технологии программирования".

С.Н. Нестеренков

Кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации.

Д.А. Жалейко

Окончил Белорусский государственный университете информатики и радиоэлектроники в 2021 году по специальности "Вычислительные машины, системы и сети".

Аннотация. Проведено исследование роль и влияние искусственного интеллекта в области управления проектами, с фокусом на разработке адаптивных стратегий. Анализируются применяемые методы и технологии искусственного интеллекта в проектном управлении, выявляются преимущества и недостатки *ChatGPT*. Результаты анализа предоставляют основу для понимания оптимальных подходов к использованию искусственного интеллекта для создания адаптивных стратегий.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, управление проектом, *ChatGPT*, машинное обучение.

Введение. Проекты всегда представляли собой работу по планированию и организацию ресурсов для достижения цели за определенный период времени. Причем период может быть как краткосрочным, так и долгосрочным, но не бессрочным. Все составляющие проекта должны пройти этапы жизненного цикла, прежде чем достичь конечной цели. Наиболее известный тип проектов – это разработка программного обеспечения. Существуют проекты и в отраслях архитектуры, строительства, геологии, космонавтики.

При реализации проекта процесс разбивают на различные фазы, каждую из которых можно считать отдельной задачей или проектом. Существуют различные жизненные циклы разработки проекта: прогнозирующий, итеративный, адаптивный. Адаптивный цикл подходит для проектов, в которых конечный результат не определен, либо имеет нечеткие границы. Его принципы и ценности прописаны в *Agile*-манифесте. *Agile*-методы

не подходят для каждого проекта и их применение в некоторых случаях может даже навредить компании [1].

Искусственный интеллект объединяет в себе различные дисциплины – информатика, математика, психология. Его основной целью является понимание человеческого поведения путем создания компьютеров с человеческими возможностями. Искусственный интеллект имеет практическое применение в здравоохранении, финансах, розничной торговле, производстве и других областях. Хотя некоторые теоретики полагают, что компьютеры в конечном итоге превзойдут человеческий интеллект, до сих пор существуют непреодоленные ограничения [2], [3].

Искусственный интеллект в управлении проектом. Целью искусственного интеллекта является создание интеллектуальных систем, которые могут обучаться, демонстрировать, объяснять и давать советы пользователям. Он может повысить эффективность за счет автоматизации трудоемких задач, помогая лучше принимать решения.

В процессе управления проектом необходимо следить за расходами, временем, качеством продукта и рисками. Среди систем и технологий искусственного интеллекта выделяют: машинное обучение, глубокое обучение, нейронные сети, экспертные системы и чат-боты. Машинное обучение использует алгоритмы, позволяющие системам учиться на данных и делать прогнозы или решения, которые не были заранее запрограммированы. Экспертные системы имитируют способность принимать решения человека-эксперта в конкретной области. Чат-боты и виртуальные помощники, могут улучшить командное общение и сотрудничество, что в конечном итоге способствует более эффективной реализации проектов.

Искусственный интеллект готов совершить революцию в управлении проектами, предлагая потенциал для повышения общей производительности, снижения затрат и повышения эффективности. Поскольку только 35% проектов в настоящее время завершаются успешно, ожидается, что интеграция искусственного интеллекта, машинного обучения и передовых технологий приведет к значительным изменениям в этой области к 2030 году. Влияние искусственного интеллекта на управление проектами очевидно в его способности улучшать процесс принятия решений. Предприятия все больше осознают преобразовательный потенциал искусственного интеллекта в управлении проектами. Внедрение инструментов для автоматизации, прогнозирования рисков и повышения эффективности становится важнейшей стратегией для того, чтобы оставаться впереди в эпоху цифровых технологий [4].

Варианты применения искусственного интеллекта при управлении проектом. Использование ИИ в управлении проектами предлагает множество преимуществ. Инструменты обнаружения рисков на базе искусственного интеллекта могут анализировать обширные данные из различных источников, чтобы выявить закономерности и тенденции, которые могут указывать на потенциальные проблемы. Такой упреждающий подход может предотвратить потерю ресурсов, времени и денег. Этот основанный на данных подход к управлению рисками может значительно улучшить результаты проекта и смягчить потенциальные неудачи.

Решения по управлению рисками на основе искусственного интеллекта и машинного обучения могут повысить точность прогнозирования за счет выявления нелинейных взаимосвязей между макроэкономическими и финансовыми факторами. Они оптимизируют процесс выбора переменных, обрабатывая большие объемы данных и извлекая несколько переменных. Алгоритмы машинного обучения в сочетании с платформами анализа больших данных обеспечивают более полную сегментацию данных с учетом множества атрибутов данных сегмента. Это приводит к более высокой точности моделирования.

Искусственный интеллект в управлении проектами улучшает анализ и устранение дефектов, выявляя коренные причины и предлагая немедленные решения. Это позволяет менеджерам проектов быстро решать проблемы, сводя к минимуму их влияние на сроки и бюджет. Данные в реальном времени и инструменты на базе искусственного интеллекта позволяют принимать обоснованные решения и активно предотвращать дефекты, что приводит к повышению качества продукции и улучшению результатов проектов.

Расширение границ – распространенная проблема в управлении проектами, когда объем проекта постоянно расширяется за пределы его первоначальных границ, что приводит к задержкам и перерасходу бюджета. Это может быть вызвано неадекватным планированием, плохой коммуникацией или частыми изменениями требований. Инструменты на базе искусственного интеллекта могут помочь создать предложения по корректирующим мерам и эффективному общению с заинтересованными сторонами.

Чтобы предотвратить расширение границ, менеджеры проектов могут использовать такие методы, как определение объема, регистрация изменений, изменение базового плана, запрос большего финансирования или ресурсов, мониторинг признаков, установка приоритетов и избежание ловушек. Хотя расширение масштабов обычно считается вредным, оно также может иметь преимущества в зависимости от того, как менеджеры проектов распознают, обрабатывают и сообщают о незначительных улучшениях.

Управление ожиданиями заинтересованных сторон имеет решающее значение для успеха проекта, а анализ данных проекта с помощью ИИ может дать ценную информацию о потенциальных проблемах и возможностях улучшения. Ключевые шаги по управлению ожиданиями заинтересованных сторон включают выявление заинтересованных сторон, понимание их потребностей и ожиданий, а также эффективное общение для обеспечения реалистичности ожиданий [5].

***ChatGPT* для создания адаптивных стратегий.** *ChatGPT* – это чат-бот с искусственным интеллектом, разработанный *OpenAI*, способный обрабатывать естественный человеческий язык для генерации ответов. Он может отвечать на вопросы, объяснять сложные концепции и выполнять такие задачи, как планирование путешествий.

ChatGPT, технология искусственного интеллекта, оказалась высокоэффективным инструментом для коучинга, предлагая индивидуальные ответы на конкретные потребности и проблемы. Он имеет возможность работать с отдельными людьми и командами в режиме реального времени, независимо от их местоположения, что делает его удобным и экономичным вариантом для организаций, которым требуется гибкое коучинг и обучение для большого количества людей или в которых члены команды находятся в разных частях мира.

ChatGPT использует глубокое обучение, разновидность машинного обучения, для создания человеческого текста с помощью нейронных сетей-преобразователей. Он был обучен с помощью онлайн-текста для изучения человеческого языка и использования транскриптов для изучения основ разговорной речи.

Способность *ChatGPT* предоставлять индивидуальные ответы усиливается за счет его способности понимать и адаптироваться к различным типам аудитории. Например, он может корректировать свои ответы в зависимости от указанной аудитории, например, детей или предпринимателей, и может генерировать несколько результатов по одной и той же теме. Кроме того, пользователи могут запрашивать творческие и эффективные входные данные для других инструментов искусственного интеллекта, а *ChatGPT* может предоставлять подсказки для себя [6].

Для проверки возможности применения чат-бота была поставлена типичная задача менеджера проекта. На рисунке 1 изображена задача и начало ответа.

Рисунок 1. Постановка задачи *ChatGPT*.

Чат-бот перечислил десять вариантов составления встречи. Было предложено оценить изменения, время, обсудить изменения на объем работы, подготовить презентацию и адаптировать план к новым требованиям. Однако *ChatGPT* не смог оценить, что с указанной средней скоростью две команды с большой вероятностью не смогут выполнить поставленную задачу в срок. Также не было указано о проблеме расширения границ проекта.

У *ChatGPT* есть и другие недостатки, в том числе отсутствие реального опыта, неполные знания, вероятность ошибок, отсутствие индивидуальности, отсутствие творчества и неспособность воспринимать мир в реальном времени. При его использовании рекомендуется проверять важную информацию в других источниках.

Взаимодействие в реальном времени, индивидуальные ответы и способность решать сложные задачи, делают *ChatGPT* ценным инструментом для организаций с разнообразными и распределенными командами. Но не следует полностью доверять ответам *ChatGPT*, поскольку могут быть допущены ошибки.

Заключение. Применение искусственного интеллекта в управлении проектами предоставляет значительные возможности для повышения гибкости и эффективности стратегического планирования. Однако, важно учитывать тщательное балансирование между автоматизацией и человеческим вмешательством, чтобы обеспечить успешное внедрение адаптивных стратегий. Взаимодействие с *ChatGPT* в режиме реального времени, персонализированные ответы и делают его ценным инструментом для управления проектом.

Список литературы

[1] Элк, С. Agile который работает / С. Элк, Д. Ригби, С. Берез – Москва : Бомбора, 2022. – С. 8–18.

[2] Зязюлькин, С.П. Использование DQN для обучения агентов игр (Atari 2600) / С.П. Зязюлькин, С.Н. Нестеренков // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня : сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 20-21 мая 2020 года): в 3 ч. Ч. 2 / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2020. – С. 274–280.

[3] Беляк, А. А. Анализ производительности технологии Hadoop / А. А. Беляк, С. Н. Нестеренков // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. научных статей VII

Междунар. науч.-практ. конф. (Республика Беларусь, Минск, 19-20 мая 2021 года): / редкол. : В. А. Богуш [и др.]. – Минск : Бестпринт, 2021. – С. 343–346.

[4] Jayakanna, H. S. A Study on Deep Learning / H. S. Jayakanna, Mrs. M. Raju // International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology – 2022 – Vol. 10, № 11 – P. 961–964.

[5] Sahadevan, S. Project Management in the Era of Artificial Intelligence / S. Sahadevan // European Journal of Theoretical and Applied Sciences – 2nd ed. – Temple : Arizona State University, 2023. – P. 349–359.

[6] Kashyap R. A First Chat with ChatGPT: The First Step in the Road-Map for Artificial Intelligence ... / R. Kashyap – Tallinn : Estonian Business School, 2023 – 48p.

Авторский вклад

Баяк Евгений Игоревич – сбор данных и поиск источников информации, описание важных аспектов в адаптивной разработке, анализ типов искусственного интеллекта и вариантов его применения, определение значимости чат-ботов на примере ChatGPT.

Нестеренков Сергей Николаевич – постановка задачи исследования, оценка возможности применения различных вариантов искусственного интеллекта в управлении проектами, описание моделирования рисков, качества и границ проекта для создания адаптивных стратегий.

Жалейко Дмитрий Андреевич – исследование возможностей и устройства ChatGPT, составление задач адаптивной разработки, проверка работоспособности и эффективности чат-ботов, подготовка заключения.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN PROJECT MANAGEMENT TO CREATE ADAPTIVE STRATEGIES

Y.I. Bayak
Software Engineer of BSUIR Department of Information Technology

S.N. Nesterenkov
Dean of the Faculty of Computer Systems and Networks of BSUIR, PhD of Technical Sciences, Associate Professor

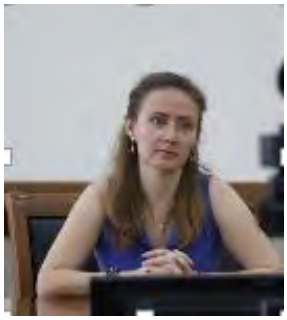
D.A. Zhalejko
Software Engineer of BSUIR Department of Information Technology. Master's Student of the Faculty of Computer Systems and Networks of BSUIR

Abstract. A study was conducted of the role and impact of artificial intelligence in the field of project management, with a focus on the development of adaptive strategies. The methods and technologies of artificial intelligence used in project management are analyzed, the advantages and disadvantages of ChatGPT are identified. The results of the analysis provide a basis for understanding optimal approaches to using artificial intelligence to create adaptive strategies.

Keywords: Artificial intelligence, project management, ChatGPT, machine learning.

УДК 004.021:004.75

КОНЦЕПЦИЯ «BIG DATA» В БИСНЕСЕ И ЕЕ РОЛЬ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ



А.В.Кудина
Доцент кафедры электронной техники и технологии БГУИР, кандидат технических наук, доцент
a.kudina@bsuir.by

Е.П. Франко
Заведующий НОЛ «Современные строительные технологии» в РЦ «ЭкоТехноПарк-Волма» УО РИПО, кандидат технических наук, доцент
janeshaden9@mail.ru

Н.И. Карасюк
Студент факультета информационных технологий и управления БГУИР
karasyuknikita@gmail.com

Д.В. Захаренко
Студент факультета информационных технологий и управления, БГУИР
zakharenkodima1111@gmail.com

А.В.Кудина
Окончила Белорусскую государственную политехническую академию. Область научных интересов связана с проектированием и производством медицинской электронной техники, биофизическими процессами человеческого организма, качеством и безопасностью медицинской электроники.

Е.П.Франко
Окончила Кубанский государственный технологический университет. Область научных интересов связана с исследованием по обоснованию требований к показателям качества продукции и процессам её жизненного цикла, организацией научно-исследовательского процесса в Ресурсном центре.

Н.И. Карасюк
Студент третьего года обучения по специальности "Промышленная электроника" БГУИР.

Д.В. Захаренко
Студент третьего года обучения по специальности "Промышленная электроника" БГУИР.

Аннотация. Выполнен обзорный анализ, который показывает, что «*Big Data*» является важным фактором в развитии производства и управлении бизнесом, показана роль информационных систем управления в её реализации, а так же предложения компаний своих решений в данной сфере. Показано, что аналитика данных «*Big Data*» может дать значительное конкурентное преимущество в развитии крупных компаний, а также важным фактором в производстве и управлении бизнесом.
Ключевые слова: 5 «*V's*», бизнес аналитика, услуги, транзакционные данные, *IBM*, *Hadoop*.

Введение. В последние годы термин «*Big Data*» широко применяется в бизнес-сфере. Некоторые считают концепции «*Big Data*» величайшей концепцией и возможностью для роста бизнеса, которую никто не предвидел [1-3]. Согласно прогнозам международной корпорации данных (*IDC*), объем хранимых и получаемых данных вырастет примерно на сорок процентов в ближайшие пять лет [3]. Крупные компании в конкурентном

бизнес-мире в значительной степени зависят от управления данными, их анализа и интеграции для принятия эффективных решений относительно роста бизнеса. Поэтому аналитика данных сегодня является ключевым элементом успеха компании благодаря технологическим достижениям и большим рынкам для роста бизнеса. Эта статья рассматривает концепцию термина «*Big Data*», которая широко используется в области бизнеса и информационных технологий. В современных глобальных рынках конкурентоспособные менеджеры часто используют данные для принятия обоснованных управленческих решений и анализа маркетинговых прогнозов для достижения успеха.

Прежде чем рассматривать важность «*Big Data*» для бизнеса, необходимо узнать происхождение концепции. В отличие от многих других тенденций в области информационных технологий, концепция «*Big Data*» вызывает интерес конечных пользователей из-за многочисленных преимуществ, которые она может предложить. В наше время странно слышать о малых компаниях, обсуждающих эти концепции, из-за недостаточной информированности и сложности темы. В прошлом технологии управления данными позволяли хранить данные в небольших и управляемых объемах, в связи с этим увеличение использования данных в больших объемах стало серьезной проблемой для многих поставщиков в свете стремительного роста количества данных, обмениваемых в интернете. Таким образом, предсказывается, что «*Big Data*» предложит решение для обработки больших объемов данных различных типов.

Важность «*Big Data*» в бизнесе и роль информационных систем управления (ИСУ). Объем данных в мире увеличивается ежедневно. Концепцию «*Big Data*» можно разделить на так называемые «5 *V*'s» по заглавным буквам английских слов *Volume*, *Velocity*, *Variety*, *Veracity* и *Value* [3]. Их можно перевести как объём, скорость, разнообразие, качество, ценность данных. Объём меняется с объемом производимых и хранимых данных в различных бизнес- и социальных приложениях, начинается с терабайт, петабайт и, наконец, экзабайт. Скорость показывает, как быстро возникают и перемещаются данные. Также большие объёмы данных связаны с разнообразием, здесь используются самые разные типы данных, адреса почт, банковские данные и др. Точность показывает качество данных, их пригодность для использования в дальнейшем анализе. И наконец ценность, которая показывает внутренний ценный смысл данных.

В связи с распространением концепций «*Big Data*», появляются различным отчеты, описывающие, как эти концепции повлияли на способ ведения бизнеса. Прогнозируется, что большая аналитика данных станет ключевым фактором конкуренции и успеха в развитии бизнеса. Это будет движущей силой в бизнесе, и каждый менеджер должен бороться за преимущество в реализации «*Big Data*». С увеличением объема данных, создаваемых социальными медиа, метеорологической информацией и мобильными приложениями, большая аналитика данных играет важную роль в росте «*Big Data*».

Использование данных было включено во все функции бизнеса, и поэтому необходимо проводить анализ для принятия важных решений. Согласно экспертам, анализ «*Big Data*» является важным фактором в производстве и управлении бизнесом. Это факт, что менеджеры анализируют хранимые данные для принятия решений. Прогнозируется, что к 2025 году каждая функциональная структура бизнеса примет концепции «*Big Data*», производя почти 100 петабайт данных.

В современном бизнесе аналитика данных «*Big Data*» может дать значительное конкурентное преимущество. В этом контексте данные, хранящиеся в бизнес-приложениях, таких как приложения для отслеживания погоды и социальные медиа, используются для принятия важных решений, например, для агентств по путешествиям, использующих прогноз погоды для планирования своих рейсов. Поэтому важно для любого бизнеса использовать потенциал «*Big Data*», который предоставляет новый уровень инноваций в повседневных делах, делая информацию прозрачной и

легкодоступной (скорость), когда это необходимо. Благодаря тому, что «*Big Data*» хранит цифровые форматы данных, они легко доступны для точной обработки.

Компании, предоставляющие услуги «*Big Data*». На рынке уже существуют компании, предлагающие технологии «*Big Data*». Они вложили большие ресурсы в обучение экспертов в данной области.

Ранее крупнейшие компании, занимающиеся «*Big Data*», были связаны с диагностикой погодных факторов и научными сообществами, в которых использовались технологии суперкомпьютеров для хранения и анализа данных для принятия решений, включая анализ большого объема отчетов о погоде в разных частях мира. Несмотря на использование больших объёмов данных, новейшие технологии приносят скорость и разнообразие обрабатываемых типов данных. Развитие привело к более продвинутому анализу данных, где характеристики «*Big Data*» включают в себя высокий объем хранения, высокую скорость доступа и разнообразие типов данных. Крупнейшие источники потребления данных включают социальные сети с тысячами активных блогов и активных аккаунтов. Например, социальная сеть *Facebook* объявила, что 10 лет назад, в 2012 году, у нее было 850 миллионов активных пользователей. Эти 850 миллионов активных пользователей создают в среднем 200 миллионов комментариев в день, что превращается в средний объем данных в 20 терабайт за один день. Сегодня же у Facebook 2 миллиарда активных пользователей, что в 2,3 раза больше. Социальные медиа содержат большой объем данных, включая новости, мультимедийные материалы и блог-посты. Хотя не вся информация в базах данных *Facebook* полезна для предприятий, ее можно интегрировать в различные программы искусственного интеллекта.

С другой стороны, транзакционные данные также включают в себя «*Big Data*», где следует учитывать скорость и объем. Последние анализы компаний по обработке транзакционных «*Big Data*» показали, что они оцениваются в производство и анализ в среднем 90 терабайт хранимых данных. Компании-розничные гиганты, такие как *Amazon* и *Walmart*, хранят более миллиона онлайн-транзакций, и информация хранится в безопасной базе данных большого объема. Это представляет собой сложную задачу для *IT*-специалистов управлять и анализировать данные для принятия решений.

Ведущие компании по «*Big Data*», такие как *IBM*, используют сбор и анализ данных для проведения исследований с целью принятия эффективных решений. Это также важно для удовлетворения клиентов, поскольку компания использует данные для проектирования продуктов, которые соответствуют их потребностям. Главное, что анализ «*Big Data*» используется для обоснованного принятия решений и производства настраиваемых продуктов, что привлекает большую долю рынка. Чтобы избежать возможных проблем от анализа «*Big Data*», необходимо установить четкие политики в области безопасности, конфиденциальности и ответственности, что сложно в условиях большого объема данных. Кроме того, необходимо обучать квалифицированный персонал с глубокими аналитическими навыками для эффективного использования данных.

Компании по «*Big Data*», такие как *Hadoop* и *IBM*, предлагают услуги на основе открытых исходных кодов в области «*Big Data*». За последний год эти компании приобрели популярность, предоставляя приложения, поддерживающие анализ больших объемов данных с использованием вычислительных узлов. Они обеспечивают обработку неструктурированных данных в бизнес-приложениях, которые занимают около 80% и не могут быть реализованы с использованием традиционных технологий баз данных. Системы *Hadoop* разделяются на четыре подпроекта: *MapReduce*, *HDFS*, *Hadoop Common* и *YARN*. В частности, *MapReduce* предоставляет пользовательским конечным пользователям фреймворк для подключения, назначая узлы. Сначала он отображает входные данные на узлах, затем разбивает рабочую нагрузку на более мелкие наборы

данных. *HDFS*, с другой стороны, предоставляет платформы хранения данных, охватывая узлы. Чтобы избежать потери данных, *HDFS* реплицирует данные по разным узлам.

Эти компании позволяют параллельную обработку неструктурированных данных и работают на недорогих серверах, что делает их более экономичными по сравнению с традиционными РСУБД (Реляционная Система Управления Базами Данных). Их услуги масштабируемы, так как узлы добавляются без ущерба для форматов данных. Как видно, они призваны дополнить ранее использованные технологии, уменьшая сложности и затраты на анализ критически важных данных для принятия обоснованных решений. Они предоставляют гибкое хранение данных, поскольку для типов данных не требуется схема. В этом отношении хранящиеся типы данных могут быть интегрированы из различных источников для глубокого анализа и принятия обоснованных решений. Компании по «*Big Data*» ориентированы на рекламные компании, социальные сети и крупные метеорологические службы, которые часто производят и потребляют большие объемы данных для своих многочисленных клиентов.

Заключение. «*Big Data*» является важным фактором в развитии производства и управлении бизнесом и играет важную роль в информационных системах управления и её реализации, а так же предложения компаний своих решений в данной сфере. Аналитика данных «*Big Data*» может дать значительное конкурентное преимущество в развитии крупных компаний, а также важным фактором в производстве и управлении бизнесом. Для устойчивого развития любого бизнеса важно использовать потенциал «*Big Data*», который предоставляет новый уровень инноваций, делая информацию прозрачной, высокоскоростной и легкодоступной, когда это необходимо. Благодаря тому, что «*Big Data*» хранит цифровые форматы данных, они являются доступными для точной обработки.

Список литературы

[1] Измалкова, С. А. Использование глобальных технологий «Big Data» в управлении экономическими системами / С.А. Измалкова, Т.А. Головина // Известия ТулГУ. Экономические и юридические науки. – 2015. – № 4-1.

[2] Scott Robinson. 5V's of big data. — Apress, 2018.

[3] Mihet, R. The Economics of Big Data and Artificial Intelligence / R. Mihet, T. Philippon // International Finance Review. – 2019. – Vol. 20. – C. 29-43.

Авторский вклад

Кудина Анна Вячеславовна – постановка задачи исследования по аналитике данных «Big Data».

Франко Евгения Петровна – анализ компаний, предоставляющих услуги «Big Data».

Карасюк Никита Игоревич – анализ значимости «Big Data» в бизнесе и роль информационных систем управления (ИСУ).

Захаренко Дмитрий Витальевич – анализ рынка услуг «Big Data».

THE CONCEPT OF «BIG DATA» IN BUSINESS AND ITS ROLE IN INFORMATION SYSTEMS

A.V. Kudina
Associate Professor of the Department of Electronic Engineering and Technology of BSUIR, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

E.P. Franco
Head of the Research and Educational Laboratory "Modern Construction Technologies" at the EcoTechnoPark-Volma RC, RIPO, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

N.I. Karasyuk
Student of the Faculty of Information Technology and Management at BSUIR.

D.V. Zakharenko
Student of the Faculty of Information Technology and Management at BSUIR.

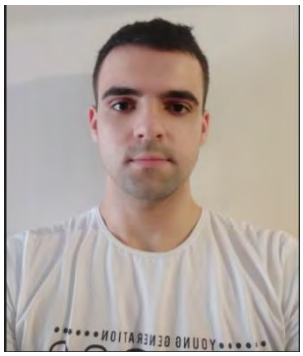
Abstract: A review analysis has been carried out, which shows that "Big Data" is an important factor in the development of production and business management, the role of management information systems in its implementation is shown, as well as companies' proposals for their solutions in this area. It is shown that Big Data analytics can provide a significant competitive advantage in the development of large companies, as well as an important factor in production and business management.

Keywords: 5 V's, business analytics, services, transactional data, IBM, Hadoop.

УДК 004.021

ПЕРСПЕКТИВЫ И РИСКИ ПРИМЕНЕНИЯ BIG DATA В СОВРЕМЕННОМ ОБРАЗОВАНИИ

А.В. Кудина
Доцент кафедры электронной техники и технологии БГУИР, кандидат технических наук, доцент
a.kudina@bsuir.by



Д.Л. Ясюкевич
Студент факультета информационных технологий и управления БГУИР
Dyasyukevich03@mail.ru

Я.В. Кипцевич
Студент факультета информационных технологий и управления БГУИР
yan.kipchevich@gmail.com

А.В. Кудина
Окончила Белорусскую государственную политехническую академию. Область научных интересов связана с проектированием и производством медицинской электронной техники, биофизическими процессами человеческого организма, качеством и безопасностью медицинской электроники.
Д.Л. Ясюкевич
Студент третьего года обучения по специальности "Промышленная электроника" БГУИР.
Я.В. Кипцевич
Студент третьего года обучения по специальности "Промышленная электроника" БГУИР.

Аннотация. Рассматриваются перспективы и риски применения технологий *Big Data* в современном образовании.

Ключевые слова: *Big data*, перспективы, риски, возможности.

Введение. Аналитика больших данных *BIG DATA* – это процесс изучения и анализа больших, разнообразных, сложных и динамических наборов данных с целью выявления полезной информации и улучшения процесса принятия решений. Подобный анализ в последние годы изменил способы принятия решений в частном, государственном и научном секторах, в том числе в сфере образования[1-2]. Поскольку технологии все чаще используются в образовании, постоянно генерируется огромное количество данных о студентах и учебных заведениях. Несмотря на некоторые противоречия и проблемы, анализ больших данных предлагает преподавателям, учреждениям и другим заинтересованным сторонам образования возможность более эффективно исследовать образовательный феномен, а также более эффективно совершенствовать образовательные программы на трех различных уровнях образования; микро (обучение), мезо (институциональный) и макро (межинституциональный).

Возможности аналитики *BIG DATA* в образовании. На микроуровне анализ больших данных может помочь ВУЗам улучшить качество обучения и преподавания, одновременно оптимизируя процессы и снижая административную нагрузку. Использование виртуальной среды обучения, академической информационной системы, системы управления библиотекой, интернета вещей или других цифровых инструментов в

образовательных учреждениях позволяет получить огромное количество данных, включая демографические данные учащихся, посещаемость, деятельность в виртуальной среде обучения (например, цифры). логинов, щелчков мышью, участия в форуме) и результатов тестирования.

Более современные методы обучения, такие как, анализ текста и анализ настроений, позволяют автоматически извлекать информацию из неструктурированных текстовых данных. Эти методы можно использовать для определения эмоций и качества мышления учащихся посредством анализа комментариев, сообщений, сообщений на форумах или содержимого блогов учащихся. Анализ этих данных не только позволяет преподавателям лучше отслеживать учебный опыт и поведение учащихся, но также может использоваться для прогнозирования успеваемости учащихся и выявления потенциальных проблем посредством применения аналитики обучения. Помимо того, что у него есть потенциал для внедрения систем раннего оповещения, это также помогает учителям оценивать методы обучения, давать лучшую обратную связь и своевременно принимать необходимые меры по сравнению с использованием традиционных методов формативного оценивания. Более того, предоставление учащимся своевременной информации об их успеваемости повышает их мотивацию, уверенность в себе и успеваемость.

Дальнейшее внедрение аналитики обучения также открывает возможности для обогащения опыта обучения, способствуя персонализации процесса обучения за счет автоматической адаптации виртуальной среды обучения, формата доставки, содержания или траектории обучения в соответствии с потребностями и предпочтениями каждого человека. На институциональном уровне анализ больших данных помогает образовательным учреждениям оценивать эффективность институциональных программ и разрабатывать программы, основанные на фактических данных. Это включает в себя: оценку производительности преподавателей и персонала, финансовых процессов, а также процессов закупки и управления ресурсами и оборудованием путем анализа данных с таких платформ, как академическая информационная система, информационная система кадровых ресурсов и журналы использования помещений. Кроме того, использование данных информационной системы позволяет учреждениям измерять и прогнозировать улучшение показателей выпускников и удовлетворенности студентов, а также факторы, способствующие этому.

Аналитику больших данных можно также использовать на макроуровне, чтобы использовать имеющиеся данные для обеспечения широкого представления об институциональной деятельности и подотчетности, а также выявления областей, требующих особого внимания, путем непрерывного предоставления отчетов множеству заинтересованных сторон, таких как правительство, общественность и другие. Помимо своего потенциала, позволяющего контролировать работу учреждений и реализацию образовательной политики, подотчетность данных также открывает возможности для межинституционального сотрудничества. Наличие данных в открытом доступе (например, результатов опроса *PISA*) позволяет школе понять, рейтинг по сравнению с другими школами,обучаться друг у друга с целью совершенствования.

Сотрудничество между образовательным сектором и государством также открывает возможности для решения социальных проблем, например, в увеличении уровня зачисления в школу или минимизации процента не занятого населения [3]. Кроме того, большие данные позволяют совместно создавать структуры управления и проводить более совершенную политику и стратегии, используемые в сфере образования. Примером этого является использование анализа текста и анализа настроений для анализа комментариев интернет-пользователей по заданной теме путем извлечения твитов или сообщений в социальных сетях по конкретным ключевым словам или хэштегам или сообщений в образовательных блогах. Если эти данные будут собираться, обрабатываться

и анализироваться в режиме реального времени, появится возможность отслеживать общественное мнение об образовательной политике, оценивать реализацию вышеуказанной политики и использовать краудсорсинг для привлечения общественности к решению проблем.

Заключение. Внедрение аналитики открывает возможности для обогащения опыта обучения, способствуя персонализации процесса обучения за счет автоматической адаптации виртуальной среды обучения, формата доставки, содержания или траектории обучения в соответствии с потребностями и предпочтениями каждого человека. На институциональном уровне анализ *BIG DATA* помогает образовательным учреждениям на микро- и макроуровнях оценивать эффективность программ а так же разрабатывать новые, основанные на достоверных фактических данных.

Список литературы

[1] Daniel, B. K. (2017). Big data and data science: A critical review of issues for educational research.

[2] Avella, J., Kebritchi, M., Nunn, S., & Kanai, T. (2016). Learning analytics methods, benefits, and challenges in higher education: a systematic literature review.

[3] Е.В.Булгакова, В.Г. Булгаков, В.С. Акимов «Использование «больших данных» в системе государственного управления: условия, возможности, перспективы» // Общетеоретические и исторические проблемы юридической науки и практики, Москва, 2015.

Авторский вклад

Кудина Анна Вячеславовна – постановка задачи исследования по аналитике данных «Big Data» в образовании.

Ясюкевич Дмитрий Леонидович – возможности аналитики больших данных в образовании.

Кипцевич Ян Витальевич – перспективы и риски применения технологий Big Data в современном образовании.

PROSPECTS AND RISKS OF USING BIG DATA IN MODERN EDUCATION

A.V. Kudina
Associate Professor of the Department of Electronic Engineering and Technology of BSUIR, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

D.Y. Yasiukevich
Student of the Faculty of Information Technology and Management at BSUIR.

Y.V. Kiptsevich
Student of the Faculty of Information Technology and Management at BSUIR.

Abstract. This text discusses the prospects and risks of using Big Data technologies in modern education.

Keywords: Big Data, prospects, risks, opportunities

УДК 004.896

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В ЛОГИСТИКЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

А.О. Чаплинский
инженер-программист, ОЭКК
a.chaplinskij@bsuir.by

С.Н. Нестеренков
Декан факультета компьютерных систем и сетей БГУИР,кандидат технических наук, доцент
s.nesterenkov@bsuir.by

И.Г. Скиба
Ведущий инженер-программист, ОИТ
i.skiba@bsuir.by

А.О. Чаплинский
Окончил БГУИР в 2023 году по специальности «Информатика и технологии программирования».

С.Н. Нестеренков
Кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации"

И.Г. Скиба
Окончила БГУИР в 2020 году по специальности «Вычислительные машины, системы и сети», магистрант второго года обучения по специальности «Компьютерная инженерия» БГУИР.

Аннотация. Данная статья рассматривает применение искусственного интеллекта (ИИ) для автоматизации процессов в логистике. Рассматриваются такие процессы, как инвентаризация, управление запасами и прогнозирование спроса. Обсуждаются потенциальные преимущества и вызовы, связанные с использованием ИИ в этой области. Исследование стремится предоставить обоснованный обзор текущего состояния автоматизации процессов в логистике с использованием ИИ.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, Автоматизация, Логистика, Роботизированная автоматизация процессов, Управление складом.

Введение. В современном мире, где технологии развиваются с беспрецедентной скоростью, автоматизация и использование искусственного интеллекта (ИИ) становятся ключевыми факторами, способствующими эффективности и конкурентоспособности бизнеса. Одной из областей, где эти технологии находят все большее применение, является логистика.

Логистика – это сложная и многофункциональная область, включающая в себя управление цепочками поставок, складским хозяйством, транспортировкой и доставкой товаров. Все эти процессы требуют точности, эффективности и гибкости, и здесь ИИ может играть решающую роль.

Автоматизация с использованием ИИ может помочь упростить и ускорить многие логистические процессы, уменьшить вероятность ошибок, оптимизировать использование ресурсов и улучшить принятие решений. Это, в свою очередь, может привести к снижению затрат, увеличению продуктивности и улучшению обслуживания клиентов.

В данном статье мы рассмотрим, как ИИ и автоматизация используются в логистике. Мы также обсудим другие области применения этих технологий в логистике и рассмотрим некоторые из вызовов, которые могут возникнуть при их внедрении.

Автоматизация процесса инвентаризации. Автоматизация процесса инвентаризации на складе – это важный шаг вперед в управлении складом. Это не только упрощает процесс, но и снижает риск ошибок, связанных с человеческим фактором. Однако, этот процесс требует специализированного оборудования и может быть связан с рисками для персонала.

В исследовании «*Robotic process automation for inventory control and management: a case*», опубликованном в *Strathmore University*, обсуждается использование роботизированной автоматизации процессов (*RPA*) для автоматизации бизнес-процессов, выполняемых в модуле контроля и управления запасами системы управления складом.

В этом исследовании авторы использовали *RPA* для автоматизации процессов инвентаризации, что позволило улучшить эффективность и точность этих процессов.

Важно отметить, что в данном исследовании подчеркивается важность автоматизации для улучшения эффективности и точности процессов инвентаризации. Однако, несмотря на значительные преимущества, существуют и определенные вызовы, связанные с внедрением этих технологий.

В результате внедрения *RPA* были достигнуты следующие результаты:

- Увеличение точности информации, зафиксированной в системе.
- Снижение ошибок при вводе данных.
- Значительное сокращение времени, затрачиваемого на выполнение задач.
- Экономия затрат благодаря снижению операционных расходов.
- Улучшение процессов благодаря оптимизации.
- Увеличение производительности, качества и соблюдения нормативов.
- Перераспределение сотрудников на выполнение более важных функций.

Результаты тестирования решений показали, что большинство респондентов согласились с тем, что программные роботы достигли желаемых результатов [1].

Компания *L'Oréal*, например, успешно реализовала беспилотную систему инвентаризации на своем складе. Дрон, оснащенный бортовой камерой, пролетает мимо стеллажей, считывая информацию о каждой позиции и ярусе. Благодаря использованию искусственного интеллекта для обработки видео дрон может считывать штрихкоды, распознавать пустые места, учитывать высоту слоев и определять границы ячеек [2].

Автоматизация управления запасами. Управление запасами – это еще одна важная область логистики, где автоматизация и искусственный интеллект могут принести значительные преимущества. Управление запасами включает в себя прогнозирование спроса, определение оптимального уровня запасов, управление поставками и многое другое [3].

Искусственный интеллект может помочь улучшить эти процессы, используя алгоритмы машинного обучения для анализа исторических данных и прогнозирования будущего спроса. Это может помочь компаниям определить, какие товары и в каком количестве им следует закупить, чтобы удовлетворить спрос и минимизировать затраты на хранение.

Автоматизация также может помочь в управлении поставками, автоматически на основе исторических данных, текущих запасов, отгрузок, товародвижения искусственный интеллект способен прогнозировать потребности предприятия и может давать взвешенные рекомендации (закупка, перемещение и т. д.). Он способен определять, какие товары продаются быстрее, какие – медленнее, а какие и вовсе не пользуются спросом. Это позволяет корректировать запасы таким образом, чтобы избежать дефицита, ограничить переизбыток и в соответствии с этим становится возможным построить более точные запасы. Также искусственный интеллект может прогнозировать нужные запасы в нужное время – это сокращает время доставки товара до клиента.

Применение искусственного интеллекта в прогнозировании спроса в логистике. Прогнозирование спроса является одной из ключевых задач в логистике, которая напрямую влияет на уровни запасов, планирование производства, управление цепочками поставок и многое другое. Традиционные методы прогнозирования спроса часто основаны на исторических данных и могут не всегда точно предсказывать будущий спрос, особенно в условиях быстро меняющегося рынка.

Искусственный интеллект может играть важную роль в улучшении точности прогнозирования спроса. С помощью машинного обучения и анализа больших данных, ИИ может анализировать большие объемы исторических данных, учитывать различные факторы, такие как сезонность, тренды, акции и многое другое, и использовать эти данные для создания более точных прогнозов.

Вызовы и стратегии преодоления при использовании искусственного интеллекта в логистике. Применение искусственного интеллекта и автоматизации в логистике, несмотря на все их преимущества, представляет собой ряд вызовов:

1 Необходимость в больших объемах данных: Модели машинного обучения требуют больших объемов данных для обучения. Это может быть проблемой для компаний, которые только начинают цифровизацию своих процессов или которые работают с конфиденциальными данными.

2 Сложности в интеграции с существующими системами: Внедрение новых технологий может потребовать значительных изменений в существующих бизнес-процессах и системах. Это может быть сложно и затратно.

3 Потребность в новых навыках и знаниях: Работа с искусственным интеллектом и автоматизированными системами требует новых навыков и знаний. Это может потребовать обучения или найма нового персонала.

Вот некоторые стратегии, которые могут помочь преодолеть эти вызовы:

1 Сотрудничество и партнерство: Компании могут сотрудничать с внешними поставщиками данных или партнерами для получения необходимых данных. Они также могут использовать облачные решения для хранения и обработки больших объемов данных.

2 Постепенное внедрение: вместо полной замены существующих систем компании могут выбрать постепенное внедрение новых технологий. Это может включать в себя пилотные проекты или фазовое внедрение.

3 Обучение и развитие персонала: Компании могут инвестировать в обучение своего персонала для работы с новыми технологиями. Это может включать в себя обучение на рабочем месте, онлайн-курсы или семинары.

Важно отметить, что успешное применение искусственного интеллекта и автоматизации в логистике требует стратегического подхода и готовности к изменениям. Несмотря на вызовы, потенциальные преимущества этих технологий делают их важным

инструментом для современной логистики и всё больше компаний внедряют эти технологии. На рисунке 1 показаны текущее и предполагаемое использование механизмов с использованием ИИ.

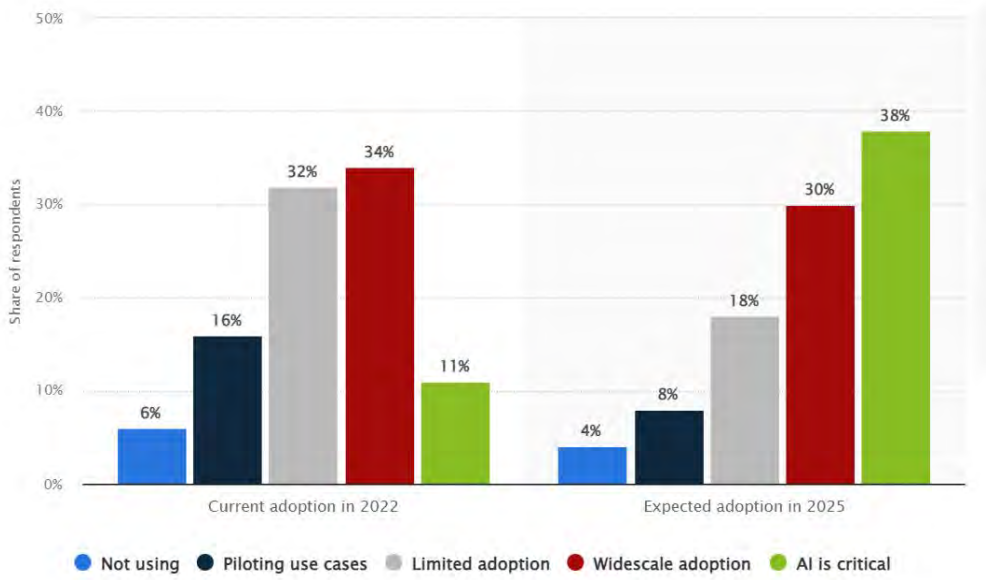


Рисунок 1. Пример мирового уровня внедрения ИИ в механизмы регулирования цепочек поставок

Заключение. Искусственный интеллект в цепочках поставок и логистике предоставляет предприятиям значительную возможность повысить эффективность и качество обслуживания клиентов. Решения на основе искусственного интеллекта могут помочь автоматизировать и оптимизировать планирование маршрутов, прогнозирование спроса, управление запасами и процессы отслеживания в реальном времени. Это, в свою очередь, может привести к экономии затрат, ускорению поставок, улучшению использования ресурсов и повышению удовлетворенности клиентов.

Более того, искусственный интеллект в логистике можно использовать для персонализации обслуживания клиентов и предотвращения мошеннических действий, которые являются критически важными аспектами отрасли. Потенциал искусственного интеллекта изменить логистическую отрасль огромен, и его влияние будет продолжать расти в ближайшие годы. По мере развития технологий предприятия должны использовать возможности искусственного интеллекта и инвестировать в его внедрение, чтобы оставаться конкурентоспособными. Разработка решений на основе искусственного интеллекта требует опыта, и предприятия могут искать партнерства с компаниями-разработчиками искусственного интеллекта, чтобы помочь эффективно интегрировать искусственного интеллекта в свою деятельность. Потенциал искусственного интеллекта для оптимизации процессов и улучшения качества обслуживания клиентов, несомненно, изменит правила игры в сфере цепочек поставок и логистики.

Список литературы

[1] B.O. Mungla. Strathmore University. Robotic process automation for inventory control and management: a case [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://su-plus.strathmore.edu/server/api/core/bitstreams/3e5d30b4-2633-443f-a411-8e559e215773/content. – Дата доступа: 29.01.2024.

[2] Ralf W. Seifert, Richard Markoff. IMD Business School. L'Oréal: the beauty of supply chain digitalization [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.imd.org/ibyimd/innovation/loreal-the-beauty-of-supply-chain-digitalization/. – Дата доступа: 29.01.2024.

[3] А.В. Сытько. Автоматизация бизнес-процессов транспортной логистики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/avtomatizatsiya-biznes-protsessov-transportnoy-logistiki/viewer. – Дата доступа: 29.01.2024.

Авторский вклад

Авторы внесли равноценный вклад в написании статьи

AUTOMATION OF PROCESSES IN LOGISTICS USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

A.O. Chaplinsky
Software engineer, CLOD

S.N. Nesterenkov
Dean of the Faculty of Computer Systems and Networks, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

I.G. Skiba
Lead Software Engineer, OIT

Abstract. This article examines the use of artificial intelligence (AI) to automate processes in logistics. Processes such as inventory, inventory management and demand forecasting are covered. The potential benefits and challenges associated with the use of AI in this area are discussed. The study aims to provide an informed overview of the current state of process automation in logistics using AI.

Keywords: Artificial Intelligence, Automation, Logistics, Robotic Process Automation, Warehouse Management.

УДК 519.711.3

ГРАФИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ СЕТЕЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ДЕКОМПИЛЯЦИЕЙ ОПИСАНИЙ СХЕМ ТРАНЗИСТОРНОГО УРОВНЯ

Д.И. Черемисинов
Ведущий научный сотрудник ОИПИ НАНБ
кандидат технических наук, доцент
cher@newman.bas-net.by

Л.Д. Черемисинова
Главный научный сотрудник ОИПИ НАНБ
доктор технических наук, профессор
cld}@newman.bas-net.by

Д.И. Черемисинов
Окончил радиофизический факультет Томского государственного университета. Область научных интересов: программирование, логическое проектирование и тестирование дискретных систем управления, реализация параллельных алгоритмов управления.

Л.Д. Черемисинова
Окончила радиофизический факультет Томского государственного университета. Область научных интересов: логико-комбинаторные задачи, логическое проектирование и тестирование дискретных систем управления, реализация параллельных алгоритмов управления.

Аннотация. В работе рассматривается задача генерации графических изображений для графов, представляющих логические сети. Анализируются известные алгоритмы рисования графов и предлагается алгоритм, ориентированный на диалоговую визуализацию логических сетей, построенных в результате работы САПР. Задача визуализации логической сети существенно отличается по критериям оптимизации от задач размещения и трассировки, возникающих на этапе технического проектирования дискретных устройств.

Ключевые слова: обратная инженерия, визуализация графов, графическое отображение схем, SPICE формат.

Введение. Обратная инженерия (*Reverse Engineering*) [1, 2] заключается в исследовании готового устройства (или программы) с целью понять принцип его работы. Обратная инженерия является инверсией разработки устройства в смысле направления процесса преобразований: её задача заключается в построении спецификации путем анализа продукта проектирования. Обратное проектирование в общем случае состоит из следующих стадий: 1) анализ продукта; 2) извлечение описания продукта промежуточного уровня; 3) анализ описания продукта интеллектом человека, для построения спецификации. Разработка нового продукта, используя построенную спецификацию, называется перепроектированием (reingineering).

В контексте обычной разработки аппаратных компонент обратное проектирование часто рассматривается как незаконное действие. Обоснованием запрещения является то, что намерением применения обратной инженерии служит определение функциональности устройства, состава и структуры связей его компонентов. В этом смысле обратное проектирование может привести к серьезным проблемам, которые касаются нарушения прав

интеллектуальной собственности, эффективности мер, связанных с безопасностью устройства, и даже возможностью для внедрения аппаратных троянов.

Однако обратная инженерия – это единственный надежный метод обнаружения злонамеренных изменений или подделок со стороны предприятий по производству полупроводников. Она обеспечивает возможность найти имеющиеся уязвимости в готовых коммерческих микросхемах, а также перепроектировать устаревшее (т.е. больше не производимое) оборудование. С помощью обратного проектирования на уровне чипа извлекается удобочитаемый список соединений уровня транзисторов из исследуемой интегральной схемы (*IC*) или *FPGA*. На этом этапе функциональный анализ списка соединений не проводится. Следующим этапом обратного инжиниринга является декомпиляция [3, 4] плоского описания транзисторной схемы, которая состоит в извлечении из него описания уровня логических элементов.

Результатом декомпиляции плоского описания транзисторной схемы является схема из логических элементов, представляющая собой текстовое описание, которое не совсем удобно для восприятия человеком в процессе анализа функционирования устройства. Следовательно, возникает нужда в автоматическом построении графического представления – рисунка функциональной схемы по ее текстовому описанию. Для представления структурных моделей в современных САПР используются специальные текстовые языки описания данных, называемые форматами структурных описаний.

В настоящей работе рассматриваются проблемы, возникающие при синтезе графических изображений схем из логических элементов, полученных в результате декомпиляции плоских описаний схем транзисторного уровня в формате *SPICE* [5], а также методы и программные средства автоматической визуализации таких схем.

Автоматический синтез изображений функциональных схем электронных устройств. До появления больших интегральных схем графическое изображение функциональной схемы устройства использовалась для прослеживания распространения сигналов между его элементами, и поэтому оно было важнейшим средством разработки и документирования. Стандарты построения таких диаграмм приняты как на государственном, так и международном уровне.

Автоматическое построение изображения функциональной схемы можно рассматривать как задачу визуализации информации (графа), определяющего структуру соединений компонентов устройства. Целью визуализации является обеспечение быстрого и эффективного восприятия пользователем информации о структуре устройства за счет формирования наглядных рисунков абстрактных структурных данных. Проблема визуализации информации состоит в том, чтобы создать алгоритмы и программы, которые генерируют такие рисунки.

Ключевой проблемой визуализации графа является его размер. Известно, что понимание и детальный анализ структуры данных, представленных рисунком графа, возможны, когда размер визуализируемого графа не велик. Обратное налагает жесткие ограничения на быстродействие программы, и в алгоритме рисования необходим учет пределов возможностей аппаратуры визуализации. Даже если аппаратура позволяет показать все элементы, возникает проблема «читабельности» или удобства и простоты восприятия данных, из-за невозможности различить отдельные вершины и ребра. Фактически, удобство и простота восприятия становится проблемой даже прежде, чем достигнута неразличимость деталей.

Большие графы чрезвычайно трудно нарисовать в визуально воспринимаемом виде, который позволял бы понимать структуру этого изображения. На первый взгляд кажется бессмысленным визуализировать большие и сложные графы. Особенности человеческого восприятия таковы, что эффективным может быть только восприятие информации с небольшой сложностью структуры. Когда граф используется как модель некоторой

предметной области, то его большие размеры говорят о плохой ее структуризации при формализации задачи. Следовательно, для улучшения восприятия нужно изменять способ формализации задачи с целью получения графов визуально обозримых размеров. Однако при визуализации результатов работы САПР приходиться добиваться воспринимаемости не «в общем», а со специальными целями, и для графов произвольных размеров.

Так как любой граф может быть представлен с помощью неограниченного числа рисунков, то существует бесконечное множество различных алгоритмов рисования графов. Применимость того или иного алгоритма для визуализации данных зависит от набора комбинаторно-логических задач, процедуры решения которых составляют его алгоритмический базис. Этот базис определяет и эстетическую предпочтительность рисунка, и эффективность самого алгоритма.

Задача рисования графа может быть сформулирована следующим образом: даны множество вершин и множество ребер (отношений), требуется вычислить положение вершин и кривых, которые изображают ребра. К настоящему времени известно множество способов построения хорошего рисунка графа [6].

Требуемое качество рисунка графа прямо зависит от прикладной области, в которой этот объект используется. Поэтому в алгоритме рисования графа нужно принять во внимание эстетику: критерии качества визуального отображения существенных характеристик графа. Оценки удобочитаемости и «существенность характеристик» субъективны и зависят от цели, для которой генерируется рисунок. В литературе известны формальные критерии, заменяющие эстетический аспект при автоматическом построении изображения графа. Например, сформулированы следующие принципы организации рисунка, улучшающие его восприятие [7, 8]:

Формально набор критериев, улучшающих эстетику рисунка, состоит из следующих требований:

– минимум пересечений ребер;

– линии ребер проводятся настолько прямо, насколько это возможно;

– вершины графа должны быть равномерно распределены на плоскости рисунка;

– большинство дуг должны быть нарисованы в одном направлении;

– в ломаных линиях число изгибов должно быть минимально;

– минимум площади рисунка.

Визуализация схем, полученных декомпиляцией *SPICE* описаний. Для оперативного построения изображения при визуализации схем использована следующая методика. Данные в формате *SPICE* [5], задающие элементы и логические связи элементов проектируемой схемы преобразуется в формат EDIF (обменный формат описания электронных схем). Затем данные в формате *EDIF* дополняются графической компонентой (перечнем линий, представляющих изображение принципиальной схемы). Вывод изображения, заданного в таком виде, может осуществляться программами промышленных САПР СБИС. Например, наиболее распространенными инструментами САПР, поддерживающими формат *EDIF* 3 0 0, являются *Mentor Graphics DesignArchitect, Mentor Graphics Viewdraw, Cadence ConceptHDL, Cadence OrCAD Capture.*

В качестве основы для организации изображения принципиальной схемы принята каскадная структура связей элементов. Каскады элементов размещаются по вертикальным рядам. Элементы любого каскада расположены в ряду таким образом, что входы элементов находятся слева, а выход – справа. Предполагается, что графические символы всех элементов имеют одинаковую ширину (размер по горизонтали). Размер графического символа по вертикали зависит от числа входов элемента. Межкаскадные связи между соседними каскадами расположены в вертикальных полосах между рядами элементов. Линии не соседних межкаскадных связей проходят выше символов элементов. Линии соединений

элементов, расположенных в соседних каскадах имеют форму вилок, состоящих из отрезков прямых. Ручка вилки соединена с выходом, а зубцы с входами.

При разработке предлагаемой методики организации изображения схемы за основу было принято самое простое решение проблемы – такая формализация эстетического критерия, которая требовала бы минимальных затрат труда программиста при ее воплощении в программу. В предлагаемой организации изображения трассировка связей распадается на проведение связей между элементами из соседних каскадов и проведение всех оставшихся связей. Размещение и трассировка выполняются так, что критерий минимума длины связей и числа пересечений выполняется только для связей элементов соседних каскадов. Это позволяет сильно упростить комбинаторную сложность размещения и трассировки связей, облегчив программирование.

Для построения графического образа принципиальной схемы используется методика, подобная приведенной в [8]. Сначала проводится размещение символов элементов по вертикальным рядам, затем трассируются межэлементные соединения.

Чтобы правильно построить каскадную структуру схемы, нужно иметь информацию о разбиении выводов всех элементов на входные и выходные. Эта информация в представлении схемы в *SPICE* формате не может быть задана и ее невозможно однозначно восстановить на основе анализа структуры связей схемы. В результате декомпиляции строится двухуровневая схема из логических вентилей [4]. Все извлеченные вентили одновыходовые и в *SPICE* представлении выход указан последним по порядку выводом вентиля. Вентили, заданные в *SPICE* описании таким образом, позволяют построить логические сети, у которых можно определить входы и выходы. Формат *SPICE* не содержит средств указания и функций выводов сети. Чтобы отобразить эту информацию, в описании на *SPICE* логическая сеть выделена как отдельная модель (схема *C*0), ее параметры, имена которых начинаются с «*P*», задают входы схемы, параметры с именами, начинающимися с «*O*», – выходы схемы.

Размещение элементов начинается с построения их графических символов. В описываемой программе символ любого вентиля логической сети строится в виде прямоугольника, на правой стороне которого размещены входы, а на левой показан выход. Ширина прямоугольника выбрана такой, чтобы внутри его помещались обозначения типа вентиля, его названия и названия входов и выходов, заданных в *SPICE* описании. Высота символа элемента зависит от числа входов. Точкой привязки символа элемента считается верхний левый угол прямоугольника. Первый вход и выход относительно точки привязки вентиля расположены одинаково для символов любых элементов. Символ выхода не перемещается по вертикальной линии прямоугольника (как это предполагается в [7]), так как это приводит к неодинаковости символа для заданного типа элементов.

Элементы логической сети размещаются по каскадам. Для этого сеть элементов топологически сортируется по отношению связности. Номера каскадов для каждого элемента определяются так, как описано в [8]. Эта операция называется каскадированием. После распределения элементов сети по каскадам, фиксируется положение символа элемента в полосе каскада: решается задача называемая в [8] вертикальным планированием.

По информации о принадлежности элементов к каскадам и размерам символов элементов можно определить размер полосы соответствующего каскада. Точкой привязки полосы каскада служит точка привязки первого (верхнего) элемента в каскаде. В дальнейшем полосы каскадов в плоскости проектирования перемещаются как единое целое.

Трассировка связей начинается с выделения связей между элементами, расположенными в несоседних каскадах (несоседние межсоединения). В этот момент уже известны координаты по вертикали точек привязки каждого каскада.

Затем конструируются вилки, соответствующие сначала соседним, а затем и не соседним межсоединениям. В этот момент положение по вертикали ручек и зубцов каждой вилки определено, и задача конструирования вилки состоит в определении положения

вертикального сегмента. Координатой ручки вилки не соседнего соединения служит положение соответствующей соединительной линии в верхнем канале. Положение вертикальных сегментов вилок выбирается так, чтобы углы вилок не смыкались (и не накладывались). По окончании построения всех вилок очередного каскада определяется ширина полосы межсоединений. Это дает возможность зафиксировать координату по горизонтали точки привязки следующего каскада.

Заключение. Предлагаемый практичный алгоритм размещения элементов и трассировки связей между ними был использован при разработке программ, предназначенных для визуализации результатов работы программы декомпиляции плоских схем в формате *SPICE*, полученных в процессе обратного проектирования. Предложенный алгоритм предназначен для построения рисунка, представленного в обменном формате *EDIF*, используемом в качестве обменного в промышленных САПР СБИС. Потолок по размеру логической сети определяется возможностями средств визуализации. Практически строились изображения логических схем, содержащих до 10 тысяч элементов.

Список литературы

[1] Белоус А.И., Солодуха В. А. Основы кибербезопасности. Стандарты, концепции, методы и средства обеспечения. Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2021. – 482 с. ISBN 978-5-94836-612-8

[2] Tehranipoor M., Koushanfar F.. A Survey of Hardware Trojan Taxonomy and Detection. IEEE Design & Test of Computers. 2009.

[3] Zhang N., Wunsch D.C., Harary F. The subcircuit extraction problem. Proceedings IEEE International Workshop on Behavioral Modeling and Simulation. 2003; 33(3): 22–25.

[4] Cheremisinov D., Cheremisinova L. Subcircuit Pattern Recognition in Transistor Level Circuits. Pattern Recognition and Image Analysis. 2020;30(2): 160–169.

[5] Baker R.J. CMOS Circuit Design, Layout, and Simulation, Third Edition. Wiley-IEEE Press, 2010. – 1214 p.

[6] Eades K., Sugiyama P. How to Draw a Directed Graph. Journal of Information Processing. 1990; 13(4): 424-437.

[7] Закревский А.Д. Графическое отображение комбинационных схем. Автоматика и вычислительная техника. 1990; 6: 59–65.

[8] Черемисинов Д.И. Автоматический синтез изображений функциональных схем электронных устройств. Вестник компьютерных и информационных технологий. Москва: Машиностроение, 2007; 2: 14–21.

Авторский вклад

Черемисинов Дмитрий Иванович – разработка программ визуализации результатов декомпиляции схем, являющихся логическими схемами формате SPICE.

Черемисинова Людмила Дмитриевна – постановка задачи исследования и обсуждение критериев качества графического изображения логических схем, полученных в процессе обратного проектирования транзисторных схем.

GRAPHICAL MAPPING OF LOGICAL NETWORKS OBTAINED BY DECOMPILING DESCRIPTIONS OF TRANSISTOR LEVEL CIRCUITS

D.I. Cheremisinov

Leading researcher of UIIP of NAS of Belarus, PhD of technical sciences, associate professor

L.D. Cheremisinova

Principal researcher of UIIP of NAS of Belarus, doctor of technical sciences, professor

Abstract. The paper considers the problem of generating graphical mapping for graphs representing logical networks. Known algorithms for drawing graphs are analyzed and an algorithm is proposed that is focused on interactive visualization of logical networks constructed as a result of CAD work. The task of visualizing a logical network differs significantly in terms of optimization criteria from the problems of placement and routing that arise at the stage of technical design of discrete devices.

Keywords: reverse engineering, graph visualization, graphical mapping of circuits, SPICE format.

УДК 004.932: 004.451.2

ОБРАБОТКА ВХОДНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ КЛАСТЕРИЗАЦИИ И КЛАССИФИКАЦИИ ПРОДУКТОВ

А.В. Деркач
Магистрант кафедры электронных вычислительных машин БГУИР
i.angelika897@gmail.com

И.И. Фролов
Доцент кафедры электронных вычислительных машин БГУИР, кандидат технических наук, доцент
frolov@bsuir.by

А.В. Деркач

Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники по специальности «Вычислительные машины, системы и сети». Обучается в магистратуре БГУИР по специальности «Компьютерная инженерия», выполняет исследования в рамках магистерской диссертации на тему «Автоматизированная система анализа продуктов по изображениям для рецептурного подбора».

И.И. Фролов

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Доцент кафедры электронных вычислительных машин БГУИР. Проводит научные исследования в области машинного обучения и компьютерного зрения, участвует в проектировании и разработке систем технического зрения.

Аннотация. В работе выполнен комплексный анализ методов обработки входных изображений в контексте модели нейронной сети, разработанной для решения задачи классификации продуктов. В данном исследовании рассмотрены основные этапы обработки, включая шаги масштабирования изображений, их нормализации, преобразования данных в необходимый формат, а также применение дополнительных фильтров с целью повышения точности классификации.

Ключевые слова: обработка изображений, машинное обучение, нейронные сети, классификация продуктов.

Введение. В современном цифровом окружении, характеризующемся непрерывным увеличением информационных потоков, вопросы эффективной обработки и анализа данных приобретают первостепенное значение. С усовершенствованием технологий обработки изображений и искусственного интеллекта, автоматизированные системы анализа по изображениям предоставляют новые перспективы для более эффективного решения задач. Способность к автоматическому распознаванию и классификации продуктов приобретает стратегическое значение для бизнес-процессов, улучшая логистические процессы, оптимизируя управление инвентаризацией и обогащая пользовательский опыт.

Однако, перед тем как приступить к классификации, необходимо уделить внимание важности предварительной обработки входных изображений. В свете разнообразия условий съемки, освещения и ракурсов, изображения могут содержать шумы и негативные аспекты, влияющие на точность классификации. В этом контексте применение методов обработки изображений становится неотъемлемым этапом,

направленным на стандартизацию / нормализация и предобработку данных перед их подачей на входы нейронной сети.

Для выполнения задачи обнаружения продуктов на изображениях в рамках выполняемой работы выбраны следующие нейронные сети: *CNN*, *RCNN* и *YOLO* – как одни из наиболее популярных и распространенных при решении задач данного класса (детекция объектов на изображении) [1].

Глубокие слои *CNN* обеспечивают высокую степень извлечения признаков, но требуют сложной обработки входного изображения на различных масштабах. *RCNN* разработана для улучшения проблемы обработки различных масштабов изображений, используя региональные предложения, но характеризуется высокими вычислительными требованиями и долгим процессом обучения из-за необходимости обработки каждого региона независимо. *YOLO* представляет собой подход, который обрабатывает изображение в единой сети и делает прогнозы в несколько сеток, что делает его намного быстрее по сравнению с *RCNN* и классическими *CNN*, но не таким точным в обнаружении маленьких объектов.

Для обучения модели нейронной сети необходимо подобрать изображения продуктов с высоким качеством и разнообразием, чтобы обеспечить эффективное обучение и обобщение модели. Важно учесть следующие аспекты: разнообразие и баланс классов продуктов**,** различные углы и фоны изображений. Предварительная обработка изображений для каждого из алгоритмов направлена на подготовку входных данных для обеспечения эффективного обучения и более точного обнаружения объектов.

Масштабирование изображений. Модели нейронных сетей проходят обучение на наборе данных с изображениями фиксированного размера. В контексте практических приложений неизбежно возникает проблема обработки изображений с различными размерами, что поднимает необходимость приведения изображений к единому размеру входного слоя модели. Масштабирование, в данном контексте, представляет собой процесс изменения размеров изображения таким образом, чтобы оно соответствовало заранее заданным размерам входного слоя нейронной сети.

Размер входного слоя может варьироваться в зависимости от конкретной модели; однако, в рамках широкоиспользуемых нейронных сетей данного класса, наиболее часто выбираемый диапазон размеров входного слоя колеблется от 150×150 до 512×512 пикселей, как отмечено в обзорах литературы. В данном исследовании осуществляется использование модели, предварительно обученной на изображениях с размерами 512×512 пикселей, поскольку сохранение более высокого разрешения изображения существенно для точного определения продуктов. Иллюстрация процесса приведения изображений к единообразному размеру представлена на рисунке 1.

При обсуждении увеличения масштаба изображения под масштабированием в большую сторону подразумевается увеличение его физических размеров. Этот процесс может быть осуществлен двумя методами: либо путем преобразования изображения в целевой размер с использованием методов, включающих в себя растяжение изображения, либо путем заполнения изображений. В данном контексте заполнение предполагает добавление дополнительных строк и столбцов, не несущих смысловой нагрузки, с использованием нулевых значений. Рекомендуется применять методы интерполяции и генерации новых пикселей для увеличения размера с сохранением деталей изображения.

Обратный процесс – уменьшение размера изображения. Среди распространенных методов уменьшения размера изображения [2] выделяются следующие: билинейная интерполяция – метод, в основе которого лежит использование линейных комбинаций значений пикселей в окрестности целевой позиции для вычисления новых значений; бикубическая интерполяция – метод, который включает в себя более сложные вычислительные процессы, учитывающие значения пикселей вблизи точки интерполяции;

свертка – применение сверточных фильтров, таких как фильтр Гаусса, которые способны размывать изображение, сопровождая уменьшение его размера, но при этом сохраняя существенные детали и уменьшая риск потери информации.

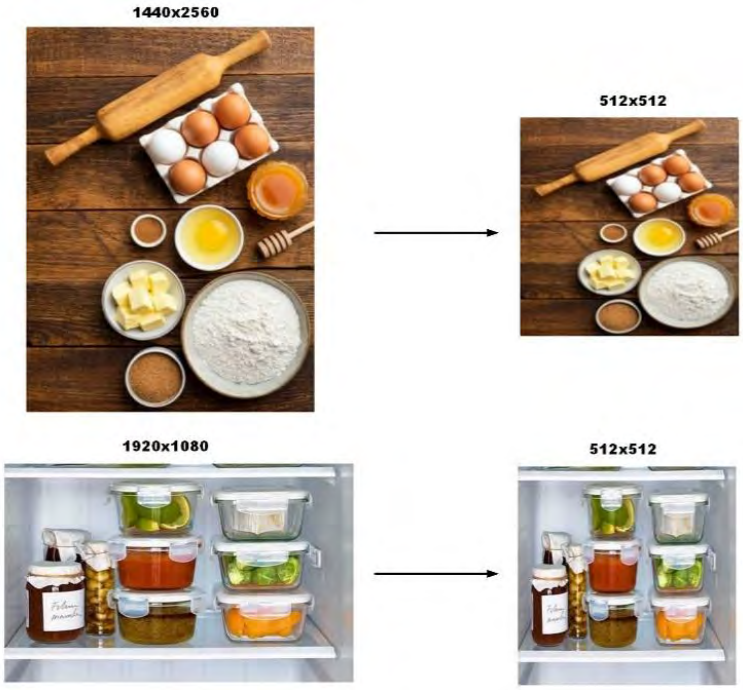


Рисунок 1. Пример приведения размеров изображений к единым значениям

В рамках задачи по анализу продуктов на изображениях будет использован метод бикубической интерполяции для увеличения и уменьшения размера изображения к ожидаемым значениям входа нейронной сети. Выбор метода обусловлен тем, что он обеспечивает хорошую производительность и лучшую точность, по сравнению с билинейной интерполяцией, для разработки системы.

Процесс преобразования данных в соответствующий формат. Распространенные цветные изображения обычно сохраняются в формате *RGB*, где цвет изображения представлен комбинацией трех основных цветов: красного (*Red*), зеленого (*Green*) и синего (*Blue*). Каждый из указанных цветов характеризуется численным значением, представляющим интенсивность соответствующего цвета. Такие числовые значения обычно охватывают диапазон от 0 до 255, где 0 соответствует отсутствию цвета (черный), а 255 представляет максимальную интенсивность цвета (полностью насыщенный цвет).

Формат *RGB* может быть представлен в виде массива, состоящего из трех чисел, которые представляют интенсивность красного, зеленого и синего цветов соответственно. Например, при наличии цвета с интенсивностью R=255, G=0, B=128, его можно записать в виде массива [255, 0, 128]. Такой подход облегчает хранение и передачу информации о цвете, а также проведение разнообразных операций с изображениями.

Формат *BGR* (*Blue, Green, Red*) часто применяется в области компьютерного зрения и обработки изображений, особенно при использовании специфических библиотек и фреймворков, таких как *OpenCV* и *TensorFlow*[3]. В контексте моделей нейронных сетей важно учесть необходимость адаптации изображений из формата *RGB* в формат, совместимый с конкретной моделью. Процесс преобразования из формата *RGB* в формат *BGR* и обратно реализуется путем перестановки значений цветовых каналов. Данное преобразование можно описать следующим образом: для каждого пикселя изображения [R, G, B] выполняется замена значения R на позицию B, а значения B на позицию R.

Нейронные сети обычно оперируют с тензорами входных данных, где тензор представляет собой математическую абстракцию в виде многомерного массива данных. В рамках глубокого обучения и нейронных сетей, тензоры представляют собой основной формат данных. Они могут быть представлены в виде скаляров (тензор нулевого ранга), векторов (тензор первого ранга), матриц (тензор второго ранга) или более высокоразмерных массивов.

Для преобразования изображения в тензор требуется провести его конвертацию в массив числовых значений, представляющих интенсивности пикселей изображения с использованием чисел с плавающей запятой. В случае цветного изображения происходит формирование трехмерного массива, где высота и ширина определяются соответственно высотой и шириной изображения (512×512), а глубина отражает количество цветовых каналов в изображении (в данном контексте – 3 канала *RGB*). Графическое представление полученного массива представлено на рисунке 2.

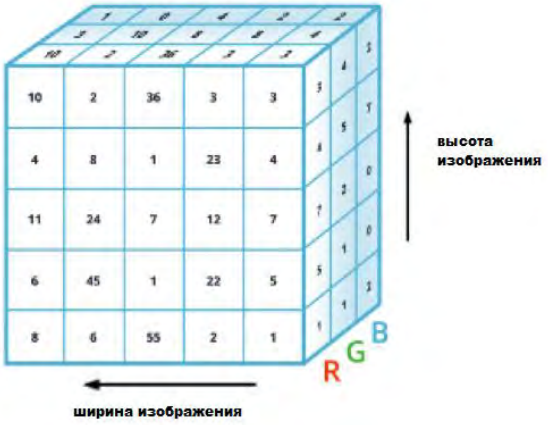


Рисунок 2. Модель тензора для передачи на вход нейронной сети

Нормализация данных. В рамках нейронных сетей процесс нормализации данных представляет собой преобразование значений характеристик с целью их выравнивания в соответствии с установленным стандартом или распределением [4]. В данном контексте нормализация применяется к значениям пикселей изображения с целью оптимизации производительности модели. Этот процесс включает в себя масштабирование значений пикселей из исходного диапазона 0-255 до нового диапазона 0-1. Нормализация осуществляется путем деления значения каждого пикселя на максимальное значение в изначальном диапазоне (255). Иллюстрация примера нормализации, применяемой в данной модели, представлена на рисунке 3.

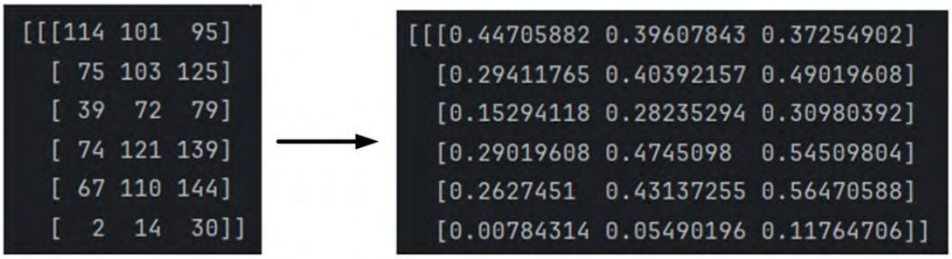


Рисунок 3. Нормализация значений пикселей

Применение дополнительных фильтров. Для повышения точности классификации продуктов с применением нейронной сети на входных цветных изображениях предполагается использовать разнообразные фильтры. Эти фильтры спроектированы с целью улучшения контрастности и яркости, а также для снижения воздействия шумов и выделения контуров. Повышение контрастности способствует выделению деталей и характеристик продуктов, в то время как применение контурных фильтров помогает сети более эффективно распознавать форму продуктов.

В разрабатываемой системе используется медианный фильтр для уменьшения шума на изображениях [5]. Принцип работы медианного фильтра заключается в замене значения каждого пикселя на медиану значений пикселей в окрестности. Обычно медианный фильтр применяется к окну фиксированного размера, которое перемещается по всему изображению. Размер окна определяет количество соседних пикселей, участвующих в процессе усреднения. При применении медианного фильтра резкие перепады значений яркости на изображениях не изменяются. Это очень важно, поскольку, контуры на изображениях несут основную информацию. В то же время импульсные помехи, протяженность которых составляет менее половины окна, подавляются. Данный фильтр часто используется для устранения шумов на изображениях, таких как “соль и перец”, сохраняя при этом края объектов. Применительно к RGB изображению, медианный фильтр применяется к каждому цветовому каналу отдельно. Для реализации фильтра использовалась библиотека *OpenCV*, в результате был получен результат, представленный на рисунке 4.

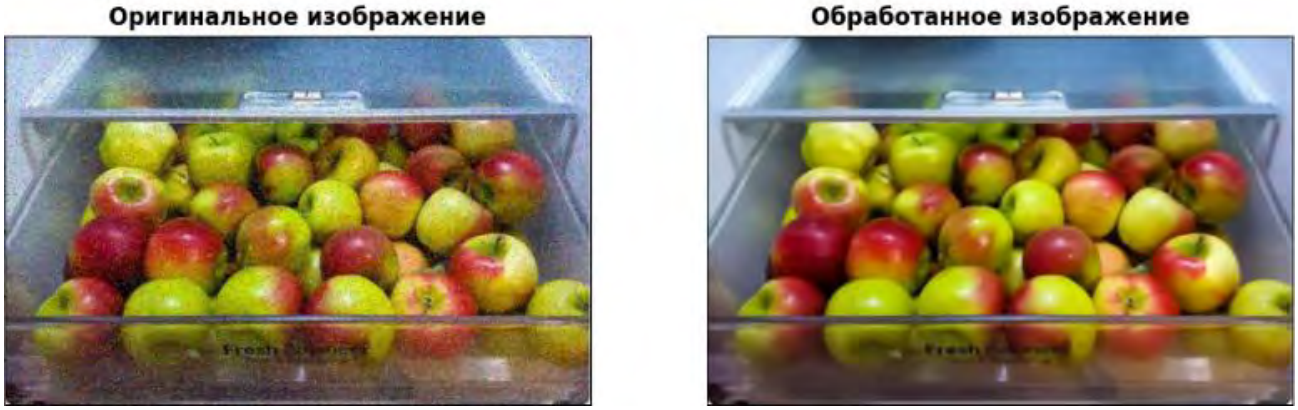


Рисунок 4. Результат обработки входного изображения медианным фильтром

Как видно по результатам приведенного образца, медианный фильтр эффективно удаляет импульсные и аддитивные шумы, полученные при некачественной съемке, при этом сохранив резкие края объектов. Качественные изображения, полученные после применения медианного фильтра, впоследствии подаются на вход модели нейронной сети для обнаружения продуктов и способствуют более эффективному и точному результату классификации.

В настоящей работе проведен комплексный анализ методов предварительной обработки входных изображений в контексте модели нейронной сети, разработанной для решения задачи классификации продуктов. Рассмотрены ключевые этапы обработки, включая масштабирование изображений, их нормализацию, преобразование данных в соответствующий формат, а также использование дополнительных фильтров с целью повышения точности классификации.

Список литературы

[1] Козак, А. В. Object Detection для автоматизации обработки документов / Козак А. В. // Компьютерные системы и сети : сборник тезисов докладов 56-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, апрель-май 2020 года / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. – Минск : БГУИР, 2020. – С. 139-141.

[2] Трубаков А.О., Селейкович М.О. Сравнение интерполяционных методов масштабирования растровых изображений // Научно-технический вестник Брянского государственного университета, 2017. – С. 92-97.

[3] Фролов, И. И. Эффективные библиотеки машинного обучения / И. И. Фролов // Технические средства защиты информации : тезисы докладов XVI Белорусско-российской научно – технической конференции, Минск, 5 июня 2018 г. – Минск: БГУИР, 2017. – С. 94.

[4] Старовойтов, В. В. Нормализация данных в машинном обучении / Старовойтов В. В., Голуб Ю. И. // Информатика. – 2021. – Т. 18, № 3. – С. 83–96. – DOI : https://doi.org/10.37661/1816-0301-2021-18-3-83-96.

[5] Chan, Raymond H., Chungwa Ho, and Mila Nikolova. "Salt-and-pepper noise removal by median-type noise detectors and detail-preserving regularization." IEEE Transactions on Image Processing 14.10 (2005): 1479-1485.

Авторский вклад

Деркач Анжелика Валерьевна – проведение исследования, анализ существующих методов обработки изображений, формирование структуры статьи.

Фролов Игорь Иванович – руководство исследованием, постановка задачи исследования, рецензирование статьи.

PROCESSING OF INPUT IMAGES FOR PRODUCT CLUSTERING AND CLASSIFICATION

A.V. Dziarkach
Master's student of the Department of Electronic Computing Machines of BSUIR

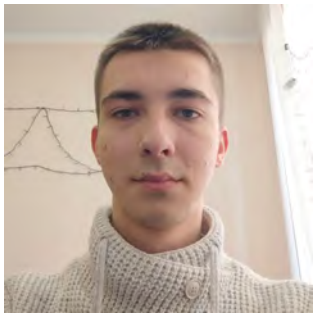
I.I. Frolov
Associate Professor of the Department of Electronic Computing Machines of BSUIR, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Abstract. A comprehensive analysis of input image processing methods for a neural network model designed for product classification has been carried out. The main stages of processing are highlighted, including image scaling, data conversion and normalization into the required format, as well as the use of additional filters to improve classification accuracy.

Keywords: image processing, machine learning, neural networks, product classification.

УДК 004.8

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В УПРАВЛЕНИИ РИСКАМИ В ФИНАНСОВОЙ СФЕРЕ



Голубович Ю.И.
Инженер-программист ОИТ ЦИИР БГУИР
gyuliya2001@gmail.com

Нестеренков С.Н.
Декан факультета компьютерных систем и сетей БГУИР, кандидат технических наук, доцент
s.nesterenkov@bsuir.by

Байчик С.А.
Инженер-программист ОИТ ЦИИР БГУИР
s.bajchik@bsuir.by

Ю.И. Голубович
Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2023 году по специальности «Информатика и технологии программирования».

С.Н. Нестеренков
Кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации.

С.А. Байчик
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2023 году по специальности «Проектирование и производство программно-управляемых электронных средств.

Аннотация. Искусственный интеллект в контексте управления рисками в финансовой сфере включает в себя такие передовые технологии, как машинное обучение, обработка естественного языка и прогнозная аналитика. Эти технологии позволяют финансовым учреждениям улучшить идентификацию, оценку и ослабление рисков. В данной статье представлен обзор различных групп рисков в финансовой сфере и возможности использования моделей искусственного интеллекта для управления рисками, описаны основные проблемы, которые могут возникнуть при применении ИИ в сфере финансов.

Ключевые слова: Искусственный интеллект (ИИ), управление рисками, внедрение ИИ, финансовые риски.

Введение. В процессе анализа финансового состояния любой организации одной из важнейших составляющих является оценка финансовых рисков. Подготовленность организации к негативным сценариям, возможность быстрого реагирования и устранения последствий в минимальные сроки – залог сохранения капитала и снижения ущерба, в случаях, когда последствий не удается избежать. Таким образом, для эффективной, стабильной и конкурентоспособной работы любого предприятия необходимо обеспечение качественного управления рисками.

Существенное влияние на оптимизацию риск-менеджмента оказывают современные технологии искусственного интеллекта (ИИ) и анализа больших данных. Модели ИИ обладают большим потенциалом и способны улучшить такие процессы финансовой сферы,

как составление кредитных историй, отслеживание транзакций и предотвращение преступлений, прогнозирование волатильности рынка, оптимизация инвестиционного портфеля, моделирование сценариев с учетом различных факторов, а также снизить риск издержек и правовые риски, свести к минимуму человеческие ошибки и многое другое.

Риски в финансовой сфере. Наиболее часто финансовые риски возникают в деятельности банков, страховых компаний, инвестиционных фондов. Они воздействуют на выбор распределения денежных средств, а также на процесс принятия решений. Для эффективного использования методов управления рисками необходима классификация финансовых рисков [1].

К основным категориям финансовых рисков можно отнести кредитный риск, операционный риск, риск ликвидности и рыночный риск, включающий в себя фондовый, процентный, валютный и товарный риски.

Для снижения рисков в финансовой сфере необходимо эффективное управление, к основным задачам которого относятся [2]:

– выявление причин и основных факторов возникновения рисков;

– идентификация, анализ и оценка рисков;

– принятие решений на основе произведенной оценки;

– выработка антирисковых управляющих воздействий;

– снижение риска до приемлемого уровня;

– организация выполнения намеченной программы;

– контроль над выполнением запланированных действий;

– анализ и оценка результатов рискового решения.

В качестве основных методов идентификации финансовых рисков выделяют формализованный (метод аналогии, статистический анализ, методы экстраполяции, стресс-тестирование) и интуитивный метод (индивидуальных и коллективных экспертных оценок).

Применение ИИ в управлении рисками. Согласно результатам исследования ИИ в финансовых услугах (в опросе участвовал 151 респондент из 33 стран), проведенного совместно Кембриджским центром альтернативных финансов и Всемирным экономическим форумом, управление рисками является областью использования с самым высоким уровнем внедрения ИИ (56%) (см. рис. 1) [3].

Внедрение ИИ в управление финансовыми рисками имеет ряд преимуществ: позволяет в реальном времени с высокой точностью и быстротой обрабатывать большие объемы неструктурированных данных, что дает возможность эффективно прогнозировать и диагностировать риски и своевременно на них реагировать; снижает количество ручных ошибок при многократных действиях и освобождает ресурсы; позволяет обнаруживать новые закономерности для снижения рисков.

Банки, как правило, применяют традиционные модели кредитного риска для прогнозирования переменных результата, поскольку модели ИИ трудно интерпретировать и проверить. Тем не менее, их можно использовать для оптимизации параметров и улучшения процесса выбора переменных в существующих моделях. В сфере кредитования могут использоваться методы дерева решений на основе искусственного интеллекта (для получения правил принятия решений), методы обучения без учителя (для изучения

данных), методы классификации (для прогнозирования характеристик кредитного риска на основании прошлых данных клиентов) [4].

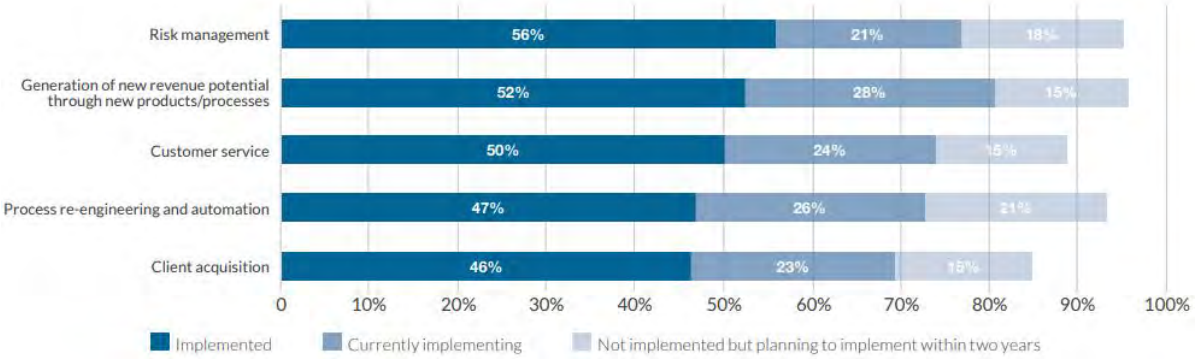


Рисунок 1. Статистика внедрения ИИ в основных сферах бизнеса

В области управлении операционным риском ИИ используется для смягчения, обнаружения и предотвращения рисков. Например, модели обучения без присмотра применяются для анализа портфелей кредитных карт по данным из транзакций. В платежные системы по кредитным картам встроены механизмы, отслеживающие транзакции и оценивающие вероятность мошенничества, что позволяет банкам выявлять особенности правомерных и неправомерных действий.

С помощью ИИ можно решить ряд проблем риска ликвидности, в частности модели ИИ используются для определения основных факторов, оценки вероятности и аппроксимации тенденций риска.

Для ценообразования активов и управления рисками на финансовых рынках решающее значение имеет прогнозирование волатильности (использование моделей ИИ повышает эффективность метода оценки волатильности) [5]. Для мониторинга деятельности трейдеров (мошенническая торговля, инсайдерская торговля, манипулирование рынком и др.) банки применяют технологии обработки естественного языка и анализа текста. С помощью анализа трафика электронной почты, звонков и данных торгового портфеля, модели ИИ могут прогнозировать вероятность неправомерных действий трейдеров.

Модели ИИ в сфере страхования могут применяться не только для анализа клиентских данных, но и для быстрой оценки нанесенного ущерба (например, оценка повреждений автомобиля по изображению занимает у модели ИИ несколько секунд), и выявления мошеннических практик страхования. Модели ИИ значительно облегчают работу аналитиков на фондовом рынке за счет структурирования данных и их круглосуточного анализа [6].

Концепция развития платежного банка РБ на 2023–2025 годы включает также направление ИИ в банковской сфере. Далее представлены примеры зарубежного опыта. Так, российский Сбербанк разработал *GigaChat* (аналог *ChatGPT*), который отличается открытой архитектурой и может общаться на русском языке. Банк ВТБ (РФ) разработал и внедрил модель машинного обучения, которая с помощью анализа BigData позволяет прогнозировать спрос на банковские услуги в конкретных точках города, что позволит снизить риск неэффективного размещения новых отделений банка. Модель ИИ, обученная

в Альфа-Банке (РФ), позволяет распознавать несанкционированные операции и сообщает службе безопасности, в случае обнаружения подозрительных сценариев. Среди банков Великобритании, внедривших ИИ, - *Virgin Money*, *Royal Bank of Scotland*, *HSBC Ban*k. В Китае с 2017 года реализуется Программа развития ИИ нового поколения, также использование ИИ в финансовой сфере активно развивается в Японии, Южной Корее, Сингапуре и Канаде [7].

Проблемы при использовании ИИ. Использование моделей ИИ и машинного обучения в финансовой сфере требует повышенной внимательности и ответственности и в разной степени контролируется государственными органами управления. В связи с этим, использование ИИ в финансовой сфере имеет ряд недостатков, ограничивающих их использование:

– Отсутствие объяснимости. Модели ИИ сложно поддаются интерпретированию и изложению понятными терминами, а принятые ими решения сложно объяснить заинтересованным сторонам. В основе законной надежной финансовой системы лежит умение объяснять свои финансовые решения, поэтому финансовые учреждения, обязанные вести отчетность, не могут воспользоваться большинством моделей ИИ [8].

– Зависимость от входных данных. Модели ИИ напрямую зависят от полноты и качества предоставляемых для обучения исходных данных. Ошибки и неточности при обучении моделей ИИ приводят к необъективности выдаваемых результатов. Тем не менее, точные, полные и корректные начальные данные не являются гарантией верных результатов в будущем, так как существует риск разовых событий, прогноз которых с помощью ИИ затруднителен из-за отсутствия данных о событии. Примером может служить кризис *COVID*-19, который привел к характерной для любого экономического кризиса цепочке событий: вспышка эпидемии – карантинные меры – падение мировой экономики – остановка различных секторов экономики в странах – сжатие потребительского спроса – падение выручки предприятий – неисполнение контрактных обязательств [9]. В финансовой сфере кризис привел к реализации рисков роста кредитных процентных ставок, снижения объема выдаваемых кредитов, неплатежеспособности дебиторов, падения фондового рынка и др. Таким образом, в сфере финансового управления нельзя полагаться только на результаты работы ИИ.

– Необходимость экспертного контроля. Модели ИИ не обладают логическим мышлением и человеческими знаниями, если только они не присутствовали в обучающих данных [8], а алгоритмы их работы сложно объяснимы. Поэтому любые результаты, получаемые с помощью ИИ и используемые для управления рисками в финансовой сфере, подлежат обязательной проверке профессионалами со знанием работы моделей и контекста применения.

– Соблюдение этических и юридических норм. Необходимо контролировать выход моделей ИИ на предмет неуместной, оскорбительной или вводящей в заблуждение информации, а также следить за конфиденциальностью и безопасностью данных. Требования к выполнению этических и юридических норм при внедрении ИИ описаны в Общем регламенте по защите данных (*GDPR*) и других нормативно-правовых актах различных стран. Согласно Постановлению Правления Национального банка РБ от 27.07.2023 №267 при использовании ИИ не должно быть ограничений или дискриминации клиентов, банков, поставщиков платежных услуг, должен соблюдаться принцип равных условий получения информации или оказания услуг; интеллектуальные компьютерные системы должны обеспечивать защиту информации в соответствии с требованиями законодательства об информации, информатизации и защите информации, а также обладать высокой степенью отказоустойчивости [7].

Заключение. В большинстве стран финансовая сфера строго контролируется органами власти, поэтому главным требованием к моделям ИИ, работающим в сфере финансов, является прозрачность и подотчетность. Следовательно, для правового и действительно эффективного использования ИИ необходимо тесное сотрудничество между экспертами ИИ, специалистами риск-менеджмента и правовыми органами.

Внедрение ИИ в процессы финансового риск-менеджмента ведет к повышению эффективности и производительности и снижению затрат (операционных и нормативных расходов, затрат на соблюдение требований), однако это может вызвать ряд проблем, таких как сокращение рабочих мест, необходимость квалифицированных специалистов, высокая конкуренция со стороны организаций, использующих ИИ. Тем не менее, внедрение ИИ в финансовых учреждениях предоставляет широкие возможности, в том числе в области управления рисками, и в ближайшее время является одним из ключевых направлений развития банковской сферы в РБ и других странах.

Список литературы

[1] Голубцова, Ю.А. Виды и классификации финансовых рисков / Ю.А. Голубцова // Банковский бизнес и финансовая экономика: глобальные тренды и перспективы развития. Минск : БГУ, 2022. С. 103–107.

[2] Финансово-экономические риски : учебное пособие / Е.Г. Князева [и др.]. – Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2015.— 112 с.

[3] Transforming Paradigms: A Global AI in Financial Services Survey [Electronic resource]. - Cambridge, Cologny / Geneva : Cambridge Center for Alternative Finance : World Economic Forum, 2020. - 128p. - Mode of access: https://www3.weforum.org/docs/WEF_AI_in_Financial_Services_Survey.pdf. - Date of access: 29.01.2024.

[4] Artificial Intelligence in risk management [Electronic resource] Mode of access: https://kpmg.com/ae/en/home/insights/2021/09/artificial-intelligence-in-risk-management.html. - Date of access: 29.01.2024.

[5] Dam, S. Role of AI in Financial Risk Management [Electronic resource] : AZoAI. – Mode of access: https://www.azoai.com/article/Role-of-AI-in-Financial-Risk-Management.aspx. – Date of access: 29.01.2024.

[6] Hong, J. The Impact of Artificial Intelligence, Machine Learning, and Big Data on Finance Analysis / Jingqi Hong // Advances in Economics Management and Political Sciences – 2023. - Vol. 27, iss. 1. - P. 39–43.

[7] Концепция развития платежного рынка Республики Беларусь и цифровизации банковского сектора на 2023–2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Правления Национального банка Республики Беларусь, 27 июля 2023 г., № 267 // Национальный банк Республики Беларусь. - Режим доступа: https://www.nbrb.by/payment/koncepcija-rasvitija-platioznogo-rinka_2023-2025.pdf. - Дата доступа: 29.01.2024.

[8] Generative Artificial Intelligence in Finance: Risk Considerations Ghiath Shabsigh and El Bachir Boukherouaa

[9] Мингалеева, М.А. Управление финансовыми рисками в условиях COVID-19 / М.А, Мингалеева // Научно-образовательный журнал для студентов и преподавателей «StudNet» - 2021. - №1

Авторский вклад

Голубович Юлия Игоревна – исследование роли искусственного интеллекта в управлении финансовыми рисками, подготовка и систематизация данных, анализ результатов, подготовка и редактирование текста.

Нестеренков Сергей Николаевич – формирование идеи, руководство исследованием.

Байчик Сергей Александрович – формулировка ключевых целей и задач исследования, подбор литературы, формирование структуры статьи.

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN FINANCIAL RISK MANAGEMENT

Y.I. Golubovich
Software Engineer ITD CIID

S.N. Nesterenkov
PhD, Associate Professor Dean of the Faculty of Computer Systems and Networks

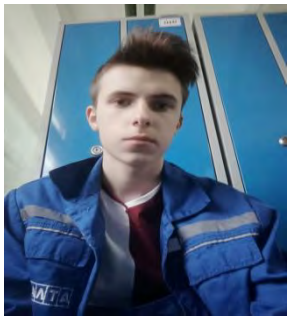
S.A. Baichyk
Software Engineer ITD CIID

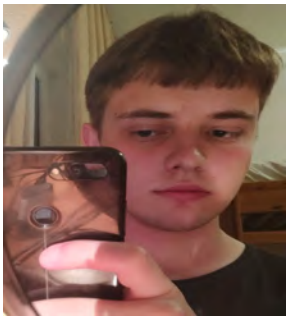
Abstract. Artificial intelligence in the context of financial risk management includes advanced technologies such as machine learning, natural language processing and predictive analytics. These technologies enable financial institutions to improve risk identification, assessment and mitigation. This article provides an overview of the different risk groups in finance and the potential use of AI models for risk management, describing the main challenges that can arise when applying AI in finance.

Keywords:Artificial intelligence (AI), risk management, AI implementation, financial risks.

УДК 004.896

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ





Д.В. Кишкевич
Инженер-программист
ОИТ ЦИИР
dkishkevich6@gmail.com

С.Н. Нестеренков
Кандидат технических наук,
доцент, декан факультета
компьютерных систем и сетей
s.nesterenkov@bsuir.by

Е. А. Гриз
Инженер-программист
ОИТ ЦИИР
evgeniy.hryz@gmail.com

Д.В. Кишкевич
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2022 году по специальности «Вычислительный машины системы и сети». Инженер-программист в отделе информационных технологий ЦИИР БГУИР.

С.Н. Нестеренков
Кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцента кафедры программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации.

Е.А. Гриз
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2022 году по специальности «Вычислительный машины системы и сети». Инженер-программист в отделе информационных технологий ЦИИР БГУИР.

Аннотация. Искусственный интеллект все больше внедряется во все аспекты жизни человека. В данной работе анализируется использование искусственного интеллекта для принятия решений в управлении проектами. Нами рассматриваются примеры использования искуственного интеллекта в крупных компаниях. В основном это касается обработки большого количества данных и прогнозировании будущего на основе принятия каких-либо решений.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, проект, обработка данных, прогнозирование.

Введение.В наше современное время искусственный интеллект (ИИ) представляет собой ключевой элемент технологической революции, оказывая глобальное воздействие на различные сферы человеческой деятельности. ИИ воплощает в себе совокупность алгоритмов, обучения машин и автоматизированных систем, способных анализировать большие объемы данных и принимать решения, сравнимые с человеческим интеллектом. В сфере управления проектами ИИ демонстрирует свою силу, предоставляя уникальные возможности для оптимизации процессов, прогнозирования трендов и эффективного принятия решений. ИИ обеспечивает более точные и быстрые аналитические результаты,

что существенно повышает эффективность управления проектами в современном бизнес-пространстве.

Эффективное управление проектами требует не только стратегического планирования и координации, но также принятия обоснованных решений на каждом этапе проектного цикла. Значимость принятия решений в управлении проектами заключается в способности адаптироваться к переменам, минимизировать риски и обеспечивать успешное завершение проектов в рамках бюджета и сроков. Это требует не только опыта и интуиции управляющих проектами, но и использования инновационных подходов.

Проектные менеджеры сталкиваются с вызовами, требующими не только оперативности, но и глубокого анализа данных, чтобы принимать информированные решения. В этом контексте искусственный интеллект вводит новый уровень инноваций в управление проектами. Способность ИИ анализировать огромные объемы информации, предсказывать возможные сценарии и автоматизировать рутинные задачи, позволяя управляющим проектами сосредотачиваться на стратегических аспектах и повышать общую эффективность проектов.

Основные проблемы и вызовы, с которыми сталкиваются управляющие проектами. Управление проектами сопряжено с множеством вызовов и проблем, которые требуют внимательного анализа и эффективных решений. Одной из основных проблем является сложность адаптации к переменам во внешней среде. Рыночные тренды, изменения в законодательстве или технологические инновации могут значительно повлиять на ход проекта, требуя оперативных корректировок. Управляющие проектами также сталкиваются с вызовами в области эффективного распределения ресурсов, определения приоритетов и соблюдения сроков, особенно в условиях динамичного бизнес-окружения [1].

Еще одной существенной проблемой является управление рисками. Неопределенность в бизнес-процессах, финансовые риски, технические проблемы — все это факторы, которые могут подорвать стабильность проекта. Эффективное управление рисками требует прогнозирования возможных проблем и разработки стратегий их предотвращения или минимизации последствий. Внедрение искусственного интеллекта в этот процесс может стать решением, позволяя автоматизировать анализ рисков, предостерегать от потенциальных угроз и обеспечивать более надежное управление рисками в проектах.

Как традиционные методы принятия решений могут оказаться ограниченными. Традиционные методы принятия решений, основанные на опыте и интуиции управляющих проектами, могут столкнуться с ограничениями в условиях современного бизнес-окружения. Во-первых, человеческий фактор может привести к субъективности и предвзятости в оценке ситуации. Управляющие, опираясь на свой опыт, могут принимать решения, исходя из индивидуальных предпочтений, что может исказить общую картину и вести к неоптимальным результатам [2].

Во-вторых, традиционные методы могут быть ограничены в способности обработки больших объемов данных. Современные проекты генерируют огромные массивы информации, и человек может столкнуться с трудностью в анализе и выявлении важных трендов. Искусственный интеллект, снабженный мощными алгоритмами машинного обучения, способен эффективно обрабатывать и анализировать огромные объемы данных, предоставляя управляющим проектами объективную и информированную основу для принятия решений. Внедрение ИИ в процессы управления проектами позволяет преодолеть ограничения традиционных методов и повысить уровень точности и эффективности в принятии стратегически важных решений.

Применение ИИ для анализа данных и прогнозирования трендов в проектах. Алгоритмы искусственного интеллекта и расширенная аналитика данных позволяют

непрерывно отслеживать эффективность проекта, выявлять аномалии и выделять потенциальные риски в режиме реального времени. Он может анализировать огромные потоки данных, выявлять закономерности и предоставлять прогнозную информацию, позволяя менеджерам проектов предвидеть потенциальные препятствия и активно управлять ими.

Инструменты управления проектами на базе искусственного интеллекта могут создавать информационные панели в режиме реального времени, предоставляя бесценную, самую свежую информацию о проекте. Эти информационные панели могут визуализировать сложные данные в удобном для пользователя формате, что упрощает менеджерам проектов понимание текущего состояния проекта, выявление узких мест и оперативное принятие корректирующих мер.

Более того, способность ИИ учиться и адаптироваться с течением времени означает, что эти системы будут расти более точно и эффективно с каждым проектом. Со временем он сможет создать богатое хранилище исторических данных и извлечь уроки из результатов прошлых проектов, постоянно совершенствуя свои возможности прогнозирования рисков. Это приводит к более активному подходу к управлению рисками, при котором потенциальные проблемы выявляются и решаются задолго до того, как они перерастут в серьезные проблемы

Автоматизация повседневных задач и оптимизация процессов с использованием ИИ. ИИ демонстрирует уникальную способность не только обрабатывать данные, но и взаимодействовать с ними в режиме реального времени. Эта возможность становится ключевой в контексте повседневных операций, таких как мониторинг прогресса проекта, управление расписанием и формирование отчетов.

Автоматизация повседневных задач позволяет управляющим проектами высвободить ценное время, которое ранее уходило на рутинные процессы. Системы ИИ способны эффективно выполнять многократные задачи, такие как обновление документации, отправка уведомлений и поддержание связи с участниками проекта. Такая автоматизация освобождает ресурсы и дает управляющим возможность фокусироваться на стратегических аспектах проекта, повышая эффективность всей команды.

Оптимизация процессов с использованием ИИ также приводит к сокращению времени выполнения задач и улучшению их качества. Алгоритмы машинного обучения, интегрированные в системы ИИ, могут анализировать эффективность текущих процессов, выявлять узкие места и предлагать оптимизации.

Искусственный интеллект в области управления проектами также обеспечивает контекстуальное понимание данных. Алгоритмы машинного обучения способны учитывать множество факторов, которые могут влиять на ход проекта, и предоставлять управляющими детальные и точные аналитические выводы. Это поднимает уровень обоснованности решений, снижает вероятность ошибок, и, следовательно, улучшает итоговый результат проекта.

Уменьшение рисков и предупреждение возможных проблем становятся дополнительными преимуществами в контексте использования ИИ. Системы ИИ способны выявлять потенциальные угрозы и проблемы на ранних этапах, давая команде проекта возможность реагировать оперативно и предотвращать негативные последствия. Этот аспект ИИ значительно улучшает уровень управления рисками, что становится ключевым фактором в успешном завершении проектов в условиях непредсказуемой бизнес-среды.

Сбор и очистка данных для обучения искусственного интеллекта. Высококачественные и актуальные данные являются основой для моделей искусственного интеллекта, таких как *ChatGPT*, *Bard* и *Anthropic*, для обучения, адаптации и предоставления точной информации [3]. Сбор этих данных включает в себя сбор

информации о завершенных проектах, включая сроки реализации проекта, затраты, показатели качества и возникновение рисков.

Однако простого сбора данных недостаточно. Его необходимо очистить и нормализовать – процесс, который включает в себя удаление дубликатов, исправление ошибок, заполнение пропущенных значений и обеспечение согласованности данных. Это важно для предотвращения искаженного или неточного анализа при решении проблем с помощью моделей ИИ.

Руководителям проектов следует уделять этому приоритетное внимание, поскольку качество данных напрямую влияет на эффективность ИИ при принятии решений. Затрачивая время на тщательную очистку данных, вы гарантируете точность информации, поступающей в модели ИИ, и позволяет моделям делать более точные прогнозы, улучшать выявление рисков и предоставлять более ценную информацию. Следовательно, тщательность, применяемая к сбору и очистке данных, может значительно усилить вклад ИИ в принятие решений по управлению проектами.

Этические аспекты использования ИИ в управлении проектами. Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в управление проектами несет с собой значительные этические вопросы и вызовы, которые требуют внимательного рассмотрения. Одним из основных аспектов является прозрачность и объяснимость принимаемых ИИ решений. Системы машинного обучения, используемые в ИИ, могут быть сложными и труднопонимаемыми, что создает риск потери контроля и понимания того, каким образом принимаются стратегические решения в управлении проектами [4]. Это поднимает вопрос о том, как обеспечить ясность и ответственность в принятии решений, чтобы управляющие проектами могли полностью доверять ИИ и эффективно использовать его возможности.

Другим этическим аспектом является обеспечение безопасности и конфиденциальности данных. Поскольку ИИ обрабатывает большие объемы информации, включая чувствительные данные о проектах и участниках, необходимо гарантировать надежную защиту конфиденциальности. Вопросы касательно использования данных в корпоративных интересах, потенциальной дискриминации или утечек информации становятся неотъемлемой частью этического обсуждения в области применения ИИ в управлении проектами. Разработка и внедрение строгих стандартов безопасности и этического поведения в использовании ИИ становится ключевой задачей для того, чтобы обеспечить баланс между инновациями и защитой интересов и прав участников проекта.

Технические и организационные препятствия. Внедрение искусственного интеллекта в управление проектами сталкивается с рядом технических и организационных препятствий, которые требуют пристального внимания. Одной из технических сложностей является необходимость интеграции ИИ с существующими системами и технологической инфраструктурой проекта. Нередко возникают трудности в согласовании и адаптации новых технологий к уже существующим бизнес-процессам. Это может требовать дополнительных инвестиций в обучение персонала и модификацию текущих систем, чтобы обеспечить совместимость и эффективное взаимодействие.

Организационные препятствия также играют важную роль в успешной интеграции ИИ в управление проектами. Сопротивление изменениям, отсутствие ясного понимания преимуществ ИИ, и недостаток квалифицированных специалистов могут замедлить процесс внедрения. Необходимо осуществлять эффективное обучение и коммуникацию для того, чтобы персонал понимал потенциал искусственного интеллекта и был готов к принятию новых технологий. Преодоление этих технических и организационных препятствий требует стратегического планирования, обширных изменений в корпоративной культуре и гибкости в принятии решений.

Практические примеры успешного использования ИИ в управлении проектами. Практические примеры успешного использования искусственного интеллекта (ИИ) в управлении проектами отражают инновационные подходы к решению сложных задач. Компания *Tesla*, в своих автомобильных проектах, активно использует ИИ для управления производственными процессами и оптимизации цепочки поставок. Алгоритмы машинного обучения анализируют данные о производственной линии, прогнозируют потребность в комплектующих, и оптимизируют процессы с учетом изменяющихся условий. Это позволяет *Tesla* улучшить эффективность производства, сократить время выпуска новых моделей и успешно управлять динамичной индустрией автомобилестроения.

Другим примером является компания *IBM*, которая внедряет ИИ в управление *IT*-проектами. Используя системы ИИ, такие как *Watson*, IBM способна анализировать множество данных о выполнении проектов, предсказывать возможные риски и оптимизировать распределение ресурсов [5]. Это позволяет компании более эффективно решать задачи разработки программного обеспечения и предостерегать от потенциальных проблем.

Перспективы Развития Технологии Искусственного Интеллекта в Управлении Проектами. Искусственный интеллект предоставляет уникальные перспективы для дальнейшего развития в области управления проектами. В будущем, ожидается, что технологии ИИ будут становиться все более умными и адаптивными, способными анализировать и предсказывать более сложные сценарии в управлении проектами. Применение более продвинутых алгоритмов машинного обучения позволит ИИ лучше понимать контекст проектов, что приведет к более точному прогнозированию рисков и трендов. Открытие новых методов в области обучения с подкреплением также может дать ИИ способность активного обучения в процессе управления проектами, адаптируясь к изменяющимся условиям и предоставляя более точные и реактивные решения.

Возможные Инновации и Тренды в Будущем ИИ в Управлении Проектами. Будущее ИИ в управлении проектами предвещает ряд инноваций и трендов, которые переопределят подход к стратегическому планированию и принятию решений. Расширение возможностей автоматизации и использование роботизированных процессов (*RPA*) с интеграцией ИИ усилит эффективность повседневных задач и снизит нагрузку на человеческий фактор. Также, с развитием технологий обработки естественного языка, системы ИИ будут все более способными к пониманию и анализу текстовой информации, что откроет новые горизонты в области управления коммуникациями в проектах. Внедрение технологии блокчейн в сочетании с ИИ может обеспечить большую прозрачность и безопасность в управлении проектами.

Новые технологии искусственного интеллекта, такие как прогнозное моделирование, обработка естественного языка и системы управления решениями, призваны по-новому взглянуть на планирование проектов, распределение задач, управление рисками и многое другое. Например, прогнозное моделирование позволит менеджерам проектов прогнозировать результаты проекта с большей точностью, что позволит им принимать упреждающие решения и снижать потенциальные риски. Обработка естественного языка должна упростить общение внутри проектных групп, повышая сотрудничество и эффективность.

Заключение. Исследование позволило проследить эволюцию управления проектами и выявить основные проблемы, с которыми сталкиваются управляющие проектами в современном мире. Традиционные методы принятия решений часто оказываются ограниченными в условиях быстро меняющегося бизнес-окружения. В контексте управления проектами искусственный интеллект играет важную роль, предлагая инновационные подходы к анализу данных, прогнозированию трендов и автоматизации повседневных задач.

Преимущества внедрения искусственного интеллекта в управление проектами, такие как повышение эффективности, уменьшение рисков и оптимизация ресурсов, становятся ключевыми факторами успешного развития проектов. Однако, вместе с этим, необходимо учитывать вызовы и ограничения, такие как этические аспекты и технические препятствия. Развитие технологии должно сопровождаться вниманием к вопросам безопасности и соблюдению этических норм.

Список литературы

[1] Pedro Y. Piñero Pérez, Rafael E. Bello Pérez, Janusz Kacprzyk, editors Artificial intelligence in project management and making decisions. - Cham : Springer, 2022. - 431 c.

[2] Paul Boudreau How the Project Management Office Can Use Artificial Intelligence to Improve the Bottom Line. - 2020. - 197 c.

[3] Peter Schindler Successful Project Management With AI: Boost Productivity in Traditional and Agile Projects. - 2023. - 92 c..

[4] The Role Of AI In The Future Of Project Management // Elearning industry URL: https://elearningindustry.com/role-of-ai-in-the-future-of-project-management (дата обращения: 27.01.2024).

[5] Peter Taylor AI and the Project Manager How the Rise of Artificial Intelligence Will Change Your World. - Routledge, 2021. - 158 c.

Авторский вклад

Кишкевич Дмитрий Витальевич – анализ проблем, с которыми сталкиваются управляющие проектами, исследование способов применения искусственного интеллекта в управлении проектами, анализ преимуществ ИИ, поиск примеров успешного использования ИИ

Гриз Евгений Анатольевич – исследование перспектив развития искусственного интеллекта в области управления проектами, поиск рисков и трудностей, связанных с внедрением искусственного интеллекта.

Нестеренков Сергей Николаевич – формирование темы исследования, постановка задачи, поиск списка источников

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DECISION MAKING IN PROJECT MANAGEMENT

D. V. Kishkevich
Software engineer of Information technologies department

S.N. Nesterenkov
PhD, Associate Professor, Dean of the Faculty of Computer Systems and Networks

E. A. Hryz
Software engineer of Information technologies department

Annotation. Artificial intelligence is increasingly being introduced into all aspects of human life. This paper analyzes the use of artificial intelligence for decision making in project management. We are looking at examples of the use of artificial intelligence in large companies. This mainly concerns processing a large amount of data and predicting the future based on making any decisions.

Keywords: Artificial intelligence, project, processing data, prognostication.

УДК 004.8

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КУРСОВ КРИПТОВАЛЮТ

А.В. Ситников
Инженер-программист
ЦИИР БГУИР
sitnikov.alexey1@gmail.com

М.Г. Иващенко
Инженер-программист
ЦИИР БГУИР
ivas.maxon21092@gmail.com

С.Н. Нестеренков
Декан факультета компьютерных систем и сетей БГУИР, кандидат технических наук, доцент
s.nesterenkov@bsuir.by

А. В. Ситников

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2022 году по специальности «Вычислительные машины, системы и сети». Работает инженером-программистом в отделе информационных технологий ЦИИР БГУИР.

М.Г. Иващенко

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. в 2022 году по специальности «Вычислительные машины, системы и сети». Работает инженером-программистом в отделе информационных технологий ЦИИР БГУИР.

С.Н. Нестеренков

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Кандидат технических наук, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации.

Аннотация. Стремительное развитие криптовалют за последнее десятилетие является одним из самых противоречивых и неоднозначных нововведений в современной мировой экономике. Многочисленные и непредсказуемые колебания курсов криптовалют, а также отсутствие правильного управления операциями с этим видом валюты в большинстве развивающихся стран и пользователей этого вида валюты, привело к повышенному риску и недоверию к криптовалюте у инвесторов. Инвесторы предпочитают вкладывать деньги в программы, которые имеют наименьший риск, наибольшую прибыль и наименьшее время для достижения основной прибыли. Поэтому вопрос разработки подходящих методов и моделей для прогнозирования цены криптовалют является актуальным как для научного сообщества, так и для финансовых аналитиков, инвесторов и трейдеров.

Ключевые слова: Машинное обучение, нейронная сеть, нейрон, криптовалюта, рекуррентная нейронная сеть, сверточная нейронная сеть.

Введение. В последние годы стремительный рост криптовалют на мировых экономических рынках вполне объясним. За свой недолгий срок существования их рынок развивался неравномерно и беспрецедентными темпами. Криптовалюта – это цифровой платеж, осуществляемый сетью компьютеров, которая использует шифрование для подтверждения подлинности транзакций [1]. В зависимости от ожиданий инвесторов и структуры некоторые криптовалюты также могут считаться ценными бумагами.

С момента появления самой популярной криптовалюты, биткойна, в январе 2009 года, было разработано более 550 криптовалют, большинство из которых не имели большого успеха. При создании *Bitcoin* было решено, что глобальная электронная валюта будет проходить через весь мир в считанные минуты. Эта особенность сделала *Bitcoin* не только монетой, но и ценным сбережением, а также сетью платежей. К сентябрю 2019 года рыночная стоимость криптовалют достигла 300 миллиардов долларов, а на один только биткоин пришлось почти 200 миллиардов долларов. Кроме того, более 2000 видов криптовалют были запущены и доступны для публичной торговли [1].

Одним из самых важных и, пожалуй, главных факторов инвестирования в данный вид бизнес-рынков является точный прогноз цен на цифровые валюты, который может быть достигнут путем анализа прибылей и убытков цифровых валют на мировых экономических рынках. Правильное прогнозирование приводит к предоставлению полезной информации активистам в этой большой экономической сфере для принятия точных и своевременных решений.

Успех использования методов машинного обучения для прогнозирования фондовых рынков показывает, что эти методы могут быть очень эффективными и действенными при прогнозировании цены криптовалют. Однако до сих пор применение алгоритмов машинного обучения на криптовалютном рынке для анализа цены Bitcoin с использованием *RF*2, *BNN*3, *LSTM*4 и других алгоритмов ограничено [1]. Эти исследования предсказывали различную степень колебаний цены биткоина и показали, что наилучшие результаты были получены с помощью алгоритмов на основе нейронных сетей.

Для прогнозирования курсов криптовалют, в основном используется два типа нейронных сетей: рекуррентные нейронные сети (*RNN*) и сверточные нейронные сети (*CNN*). Рекуррентные сети предназначены для анализа последовательных данных, что делает их идеальными для временных рядов, таких как цены криптовалют. Сверточные сети, с другой стороны, эффективны в анализе пространственных структур данных, что также может быть важно при работе с различными параметрами, влияющими на курсы криптовалют.

Прогнозирование курсов криптовалют представляет собой вызов, который требует инновационных подходов. В этой статье произведен анализ применения нейронных сетей для данной задачи, рассмотрены различные типы нейронных сетей, а также методы сбора и предварительной обработки данных.

Основы нейронных сетей. Машинное обучение – это подраздел искусственного интеллекта, который фокусируется на разработке методов и алгоритмов, позволяющих компьютерам обучаться из данных и опыта [2]. Основная идея машинного обучения заключается в том, чтобы создать модели, которые способны обобщать и делать предсказания на основе новых данных, не явно программируясь для выполнения конкретной задачи. Машинное обучение выполняет следующие роли в прогнозировании курсов криптовалют [2]:

1 Анализ временных рядов. Машинное обучение эффективно работает с временными рядами, что делает его мощным инструментом для анализа и прогнозирования курсов криптовалют.

2 Обработка сложных зависимостей. Модели машинного обучения могут обрабатывать сложные зависимости между различными факторами, которые влияют на курсы криптовалют.

3 Обучение на больших объемах данных. Модели машинного обучения могут обрабатывать сложные зависимости между различными факторами, которые влияют на курсы криптовалют.

Нейронные сети представляют собой модели машинного обучения, вдохновленные структурой и функцией нейронов в человеческом мозге. Они состоят из слоев нейронов, которые взаимодействуют между собой и обучаются на основе предоставленных данных.

Структура и принцип работы нейронной сети. Нейронная сеть включает себя входной слой (принимает входные данные), скрытые слои (промежуточные слои, обрабатывающие данные), выходной слой (формирует окончательный вывод) [3]. Структура нейронной сети изображена на рис.1.

Принцип работы нейронной сети:

– Прямое распространение (*Forward Propagation*). Данные передаются от входного слоя через скрытые слои к выходному. Каждый нейрон вычисляет взвешенную сумму входов, применяет функцию активации и передает результат следующему слою.

– Обратное распространение (*Backpropagation*). Происходит коррекция весов нейронов на основе разницы между прогнозом и фактическим значением. Эта коррекция осуществляется с использованием градиентного спуска.

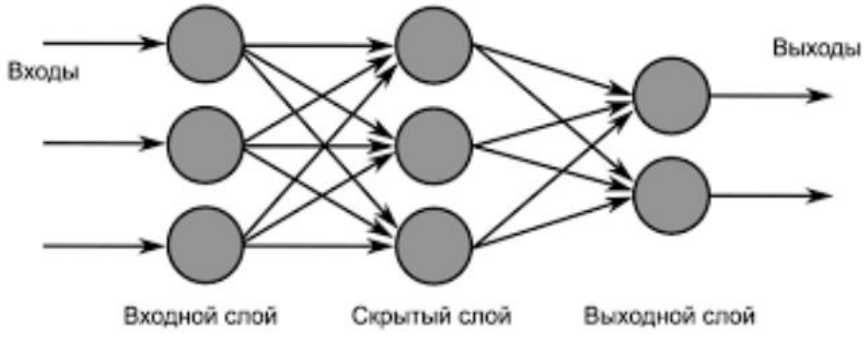


Рисунок 1. Структура нейронной сети.

Типы данных для прогнозирования курсов криптовалют. Прогнозирование курсов криптовалют требует анализа разнообразных данных, включая информацию о ценах, объемах торгов, а также других факторов, оказывающих влияние на криптовалютные рынки.

Типы данных, которые используются при построении моделей прогнозирования:

1 Ценовые данные. Ценовые данные представляют собой основные временные ряды, которые отражают изменения стоимости криптовалюты на рынке. Эти данные включают различные параметры цен в разные моменты времени и являются ключевой основой для прогнозирования курсов. Выделяют следующие параметры ценовых данных: открытие, закрытие, максимум и минимум (информация о ценах в разные моменты времени позволяет выявлять тенденции и паттерны) и средняя цена (усредненная цена за определенный период времени может предоставить более гладкую картину динамики курса).

2 Объемы торгов. Количество активов, проданных или купленных за определенный период, может быть ключевым индикатором силы или слабости движения цены.

3 Факторы влияния: новостные события (информация о событиях в отрасли, законодательных изменениях или технологических нововведениях) и социальные медиа и тренды (анализ активности в социальных медиа и общественных трендов может помочь предсказать изменения в настроениях инвесторов).

4 Экономические индикаторы: индексы стоимости иностранной валюты (курс криптовалют связан с курсами других валют) и индексы цен на сырье (изменения в ценах на сырье могут влиять на долгосрочные тенденции криптовалют).

5 Технические индикаторы. Используются для анализа рынка и выявления тенденций.

6 Поисковые запросы. Интерес к криптовалютам в онлайн поиске может служить индикатором изменения интереса к данному активу.

7 Данные о блокчейне. Например, хешрейт, сложность майнинга и другие параметры, которые связаны с техническими аспектами блокчейн-сети.

Разнообразие данных, влияющих на курсы криптовалют, требует комплексного анализа. При построении моделей прогнозирования эффективно использовать комбинацию различных типов данных, что позволит лучше улавливать динамику рынка и повышать точность прогнозов.

Предварительная обработка данных. Предварительная обработка данных – важный этап в создании моделей прогнозирования курсов криптовалют. От качества предобработки зависит эффективность обучения моделей и точность прогнозов. Выделяют следующие этапы предварительной обработки данных:

1 Устранение выбросов и аномалий. Идентификация выбросов – анализ данных для выявления значений, которые существенно отличаются от средних).

2 Устранение аномалий. Фильтрация выбросов – использование методов, таких как медиана или обрезка, для сглаживания влияния выбросов на статистики.

3 Нормализация данных. Приведение данных к определенному диапазону (например,
от 0 до 1), чтобы облегчить обучение модели.

4 Стандартизация данных. Преобразование данных так, чтобы они имели среднее значение 0 и стандартное отклонение 1, что может улучшить сходимость модели.

5 Идентификация пропущенных данных: Поиск и анализ отсутствующих значений в данных.

6 Заполнение пропусков. Использование методов, таких как интерполяция, заполнение средним или медианным значением.

7 Преобразование категориальных данных. Использование методов кодирования, таких как *One-Hot Encoding*, для включения категориальных переменных в модель.

8 Методы уменьшения размерности. Применение методов, таких как анализ главных компонент (*PCA*), для снижения размерности данных и улучшения производительности модели.

Типы нейронных сетей. Рекуррентные нейронные сети. Рекуррентные нейронные сети (*RNN – recurrent neural network*) представляют собой класс нейронных сетей, спроектированных для работы с последовательными данными, где каждый элемент в последовательности зависит от предыдущих [4]. Одна из ключевых особенностей *RNN* – наличие циклических связей внутри сети, позволяющих ей запоминать информацию о предыдущих состояниях. В контексте прогнозирования курсов криптовалют, *RNN* может эффективно учитывать временные зависимости и паттерны, что особенно важно в условиях высокой волатильности рынка.

Основная идея *RNN* заключается в том, что они имеют внутреннее состояние, которое обновляется на каждом временном шаге. Это внутреннее состояние передается от предыдущего шага к текущему, что позволяет сети учитывать контекст предыдущих входов.

Структура *RNN*:

– Входные данные (*X*). На каждом временном шаге *RNN* принимает входные данные. Например, если мы анализируем последовательность слов в предложении, каждое слово может быть представлено вектором.

– Скрытое состояние (*H*). Это внутреннее состояние *RNN*, которое обновляется на каждом временном шаге и содержит информацию о предыдущих входах. Скрытое состояние передается от шага к шагу.

– Выходные данные (*Y*). На каждом временном шаге *RNN* генерирует выходные данные. Например, если мы используем *RNN* для предсказания следующего слова в предложении, выходом может быть вероятностное распределение слов.

Важно отметить, что обычные *RNN* имеют проблему затухающих и взрывающихся градиентов, что может затруднить обучение на длинных последовательностях. Для решения этой проблемы были предложены более сложные архитектуры, такие как *LSTM* (*Long Short-Term Memory*) и *GRU* (*Gated Recurrent Unit*), которые успешно применяются в задачах, связанных с временными рядами, включая прогнозирование курсов криптовалют. *LSTM* предназначены для решения проблемы затухающих градиентов и способны улавливать долгосрочные зависимости в данных. Они подходят для прогнозирования курсов криптовалют, учитывая их высокую волатильность. *GRU* является упрощенной версией *LSTM*, поэтому также эффективна в захвате долгосрочных зависимостей и требуют меньше вычислительных ресурсов.

Сверточные нейронные сети. Сверточные нейронные сети (*CNN – convolutional neural network*) обычно применяются для обработки изображений, но они также могут быть эффективными в анализе временных рядов, таких как данные о ценах криптовалют [5].

Архитектура сверточной нейронной сети с учетом особенностей временных рядов для прогнозирования курсов криптовалют выглядит следующим образом:

– Входной слой. Слой принимает временной ряд, представленный как одномерный вектор.

– Сверточные слои. Сверточные слои используются для извлечения локальных паттернов из данных. Слои свертки с различными ядрами могут быть применены для выделения различных уровней абстракции. Важно использовать свертки, которые способны улавливать временные зависимости.

– Рекуррентные слои. Используются для учета последовательной природы временных рядов.

– Полносвязные слои. Используются для финального прогноза после извлечения признаков сверточными слоями.

Последний слой может иметь один нейрон с линейной активацией для предсказания численного значения курса криптовалюты.

Выбор между *RNN* и *CNN* зависит от природы данных и целей прогнозирования. *RNN* хорошо справляется с анализом последовательных данных, что делает их предпочтительными для временных рядов цен на криптовалюты. С другой стороны, *CNN* может быть полезен для выявления сложных пространственных паттернов, связанных с множеством факторов, влияющих на курсы криптовалют.

В некоторых случаях, применение комбинированных подходов, объединяя *RNN* и *CNN*, может дать лучшие результаты. Это позволяет сети одновременно учитывать последовательные и пространственные зависимости, что особенно полезно в анализе сложных и динамичных данных криптовалютных рынков.

Заключение. Прогнозирование курсов криптовалют – это задача, которая продолжает привлекать внимание исследователей и трейдеров. Нейронные сети представляют собой мощный инструмент для анализа данных и выявления сложных закономерностей. Однако необходимо учитывать сложность рынка криптовалют и принимать во внимание ограничения и риски, связанные с использованием таких моделей. Дальнейшие исследования и инновации в этой области могут привести к улучшению точности прогнозов и повышению эффективности стратегий торговли.

Список литературы

[1] Forecasting cryptocurrency prices using Recurrent Neural Network and Long Short-term Memory [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0169023X22000234. – Дата доступа: 28.01.2024.

[2] Charu C. Aggarwal, Neural Networks and Deep Learning: A Textbook/Charu C. Aggarwal. – Springer, 2018. – 520 с.

[3] What are neural networks? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ibm.com/topics/neural-networks. – Дата доступа: 28.01.2024.

[4] What are recurrent neural networks? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ibm.com/topics/recurrent-neural-networks. – Дата доступа: 29.01.2024.

[5] What are convolutional neural networks? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ibm.com/topics/convolutional-neural-networks. – Дата доступа: 29.01.2024.

Авторский вклад

Авторы внесли равнозначный вклад в формировании и написании статьи.

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS FOR CRYPTOCURRENCY PRICE PREDICTION

A.V. Sitnikov
Software Engineer at information technologies department at the BSUIR

M.H. Ivashchenko
Software Engineer at information technologies department at the BSUIR

S.N. Nesterenkov
Dean of the Faculty of Computer systems and Networks of BSUIR, Associate Professor

Abstract. The rapid development of cryptocurrencies over the past decade is one of the most controversial and ambiguous innovations in the modern global economy. Numerous and unpredictable fluctuations in cryptocurrency prices, coupled with the lack of proper regulation of transactions involving this type of currency in most developing countries and among users of this currency, have led to increased risk and distrust among investors. Investors prefer to allocate funds to programs with the lowest risk, highest profit, and the shortest time to achieve the primary return. Therefore, the question of developing suitable methods and models for predicting cryptocurrency prices is relevant for both the scientific community and financial analysts, investors, and traders.

Key words: machine learning, neural network, neuron, cryptocurrency, recurrent neural network, convolutional neural network.

УДК 004.032.26

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В УПРАВЛЕНИИ ПЕРСОНАЛОМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

И.Г. Скиба
Ведущий инженер-программист ОИТ, ассистент каф. ЭВМ
i.skiba@bsuir.by

С.Н. Нестеренков
Декан факультета компьютерных систем и сетей БГУИР, кандидат технических наук, доцент
s.nesterenkov@bsuir.by

Д.А. Жалейко
Инженер-программист ОИТ, ассистент каф. ЭВМ
d.zhalejko@bsuir.by

И.Г. Скиба
Окончила Белорусский государственный университете информатики и радиоэлектроники в 2020 году по специальности «Вычислительные машины, системы и сети», магистрант второго года обучения по специальности «Компьютерная инженерия» БГУИР.

С.Н. Нестеренков
Кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации.

Д.А. Жалейко
Окончил Белорусский государственный университете информатики и радиоэлектроники в 2021 году по специальности «Вычислительные машины, системы и сети», магистрант первого года обучения по специальности «Компьютерная инженерия» БГУИР.

Аннотация. В этой статье рассматривается преобразующее влияние искусственных нейронных сетей (ИНС) на управление персоналом, исследуется, как эти передовые технологии меняют ключевые аспекты практики управления человеческими ресурсами.

Исследование охватывает использование ИНС в процессах подбора персонала, кадровом планировании, привлечении и удержании талантов, обучении персонала и формировании команды. Используя возможности нейронных сетей для обучения, организации могут оптимизировать процессы принятия решений, оптимизировать методы управления персоналом и получить информацию о своем кадровом потенциале.

Ключевые слова: Искусственные нейронные сети, управление персоналом, повышение производительности.

Введение. В настоящее время вопросам управления персонала уделяется все больше внимания. Управление персоналом является одним из видов деятельности по руководству людьми, главной целью которого является максимально эффективное использование рабочей силы для достижения целей предприятия.

Вопросы эффективной работы производства и решение задач, связанных с повышением конкурентоспособности, рентабельности любого предприятия, учреждения, его стабильности замыкаются на качественном составе кадров, его потенциале. Перспективы развития предприятия помимо главной экономической составляющей напрямую зависят от степени вовлеченности персонала в процессы совершенствования организации [1].

Поскольку мир адаптируется к новым нормам жизни и работы, повышение производительности становится самой большой проблемой, с которой сталкиваются организации во всем мире. Гибридная модель работы и постоянно развивающийся набор технологий компании усложняют работодателям поддержание производительности сотрудников.

Управление производительностью – это организационная структура, которая помогает отдельным лицам и командам повышать производительность. Производительность измеряет, насколько эффективно организация или ее сотрудники преобразуют ресурсы, такие как труд и капитал, в результаты, такие как товары или услуги. Менеджеры используют цели, стимулы, стратегии развития и коммуникации, чтобы повысить производительность сотрудников.

Производительность максимизирует выгоды бизнеса либо напрямую – за счет повышения производительности и качества, либо косвенно – за счет удержания лучших талантов, повышения квалификации кадров и предоставления дополнительных обязанностей.

Хорошо управляемые команды демонстрируют повышенную производительность. С другой стороны, плохое управление производительностью может быть одной из главных причин низкой производительности и вовлеченности сотрудников [2].

Искусственные нейронные сети. Способность ИНС обрабатывать огромные объемы данных, выявлять скрытые закономерности и оптимизировать процессы принятия решений позиционирует их как бесценный актив в стремлении к повышению производительности и успеху организации.

Искусственные нейронные сети построены по принципу биологических, конечно, с рядом допущений, в них действует огромное количество простых процессов со множеством связей. Подобно человеческому мозгу эти сети способны обучаться. Для искусственных нейронных сетей под обучением понимается процесс настройки архитектуры сети (структуры связей между нейронами) и весов синаптических связей (влияющих на сигналы коэффициентов) для эффективного решения поставленной задачи. Обычно обучение нейронной сети осуществляется на некоторой выборке. По ходу обучения сеть начинает все лучше выполнять поставленные задачи, реагировать на поставленные команды [3].

Можно выделить несколько направлений, в которых можно использовать искусственные нейронные сети для улучшения производительности в управлении персоналом:

- подбор персонала;
- улучшение планирования рабочей силы;
- привлечение и удержание талантливых сотрудников;
- обучение персонала;
- формирование команд.

Подбор персонала. Оценка потенциального работника, главным образом, проводится во время собеседования, однако из резюме также можно почерпнуть достаточное количество информации о кандидате. Более того, любое кадровое агентство располагает базой резюме, включающей в себя работников двух категорий: тех, кто прошел испытательный срок, и тех, кто его не прошел, что позволяет применить

математические методы к процессу моделирования подбора персонала. Очевидно, что оценка кандидата представляет собой задачу бинарного выбора, или бинарной классификации, что позволяет использовать искусственную нейронную сеть для решения такой задачи.

Базовой схемой использования искусственных нейронных сетей в управлении персоналом организации и непосредственно его подборе, принимается цифровизация резюме кандидатов и использование данного резюме в качестве входных параметров сети. Резюме или анкета, которая заполняется кандидатом, должна удовлетворять всем интересующим вопросам организации о будущем сотруднике. Каждое поле анкеты будет иметь баллы, которые будут передавать в искусственную нейронную сеть.

Стоит выделять самые главные требования более большим количеством баллов, если кандидат владеет требуемыми навыками или нет. Так, например, знание персонального компьютера для менеджера является очень важным навыком и оценивается в 8 баллов из 10, а работа с ксероксом может оценивается в 2 балла, так как обучение займет намного меньше времени в сравнении с обучением работы за ПК.

Таким образом искусственные нейронные сети могут оценивать большое количество кандидатов, выявляя скрытые взаимосвязи кандидатов максимально удовлетворяющим требованиям организации, так как обучение искусственной нейронной сети проходило на выборке резюме данной организации с кандидатами прошедшими собеседования и получившими работу, так и не прошедших отбор. Искусственная нейронная сеть будет оценивать резюме получивших работу кандидатов и выявлять скрытые связи между ними, также будут оцениваться связи между кандидатами, не получившими работу у *HR* менеджера. Таким образом нейронная сеть будет знать каким претендентами HR менеджер бы отдавал предпочтение, а каким бы нет [4].

Улучшение планирования рабочей силы. Планирование проекта квалифицированной рабочей силы – это сложная проблема распределения ресурсов и планирования задач, которые ежедневно выполняются в сервисных центрах. Внутренняя, а также внешняя часть процессов обслуживания должна выполняться как единое целое с запланированным уровнем качества и эффективности. Планирование рабочей силы и составление расписания возможны благодаря прогнозированию потребностей в продуктах и услугах. Больших отличий между производством и предоставлением услуг нет, но ясно, что эффективное управление ресурсами организации оказывает положительное влияние на успешное достижение целей организации.

Планирование рабочей силы на основе опыта – это самый простой способ планирования. Для достижения гибкости и быстрого реагирования на потребности клиента для улучшения процесса обслуживания могут использоваться различные способы планирования, методы и использование данных в режиме реального времени. Вместо исключительно планового подхода, основанного на создании ежемесячных или двухгодичных планов планирования рабочей силы, в качестве альтернативы можно использовать итеративное планирование в режиме реального времени. Итеративное планирование реализуется с помощью более коротких итерационных циклов (ежедневное или еженедельное планирование) и требует системы поддержки принятия решений, основанной на данные в режиме реального времени, прогнозирующие оценку количества клиентов, которых будет обслуживать производственная или сервисная система, которая в то же время спроектирована с удовлетворительным уровнем ошибок.

Следовательно, для более эффективного планирования и реагирования на неожиданные изменения в спросе на услуги инструмент поддержки принятия решений должен быть разработан и настроен в соответствии с потребностями компании. Одним из способов достижения решения этой проблемы является разработка ИНС модели прогнозирования для использования рабочей силы составление графика выполнения

проекта менеджер. Большинство проблем прогнозирования спроса, особенно в производственных системах, ориентированных на бережливый подход и концепцию «Точно в срок», могут быть решены, если будет использоваться модель, предложенная в этом исследовании. Исходными данными для такого рода модели может быть множество переменных, таких как спрос на продукт, доход потребителя, диапазон цен на продукт и т.д. Эти переменные напрямую влияют и должны быть включены в алгоритм прогнозирования спроса на продукцию [5].

Привлечение и удержание талантливых сотрудников. ИИ помогает анализировать профили разных кандидатов, проверяя, обладают ли кандидаты необходимыми компетенциями. Это также помогает в общении, отправляя кандидатам автоматические электронные письма.

С помощью художественного интеллекта работодатели получают углубленный набор необходимых знаний и навыков, что помогает отбирать потенциальных сотрудников и приобретать таланты в гораздо более короткие сроки. Технологии помогают HR-специалистам выбирать подходящих кандидатов на работу и позволяют им уделять больше времени задачам с большей добавленной стоимостью и сосредоточиться на более важных частях бизнеса и стратегических задачах. Талантливые сотрудники умеют связывать и структурировать бизнес-процессы в целом, умеют быстро и эффективно решать проблемы, жаждут новых задач, мотивированы и инициативны, уверены в себе, любопытны, способны к сопереживанию и хотят улучшить бизнес-изменения. Талантливые сотрудники проявляют большую лояльность к предприятию, поскольку идентифицируют себя с ним [6].

Обучение персонала. Нейронная сеть способна помочь менеджеру по персоналу отбирать людей для дальнейшего обучения: в России разработана автоматизированная система для повышения результативности и эффективности анализа и оценки перспективности обучения и развития сотрудника. Данные система получает из информационной базы системы «1С: Зарплата и управление персоналом» версии «КОРП». Система анализирует полученные данные и выносит свое решение о целесообразности или, наоборот, нецелесообразности направления работника на курсы повышения квалификации [7].

Формирование команд. Нейросетевые технологии открывают много возможностей. Помимо подбора персонала им можно доверить и формирование команды. Имея базу данных профилей сотрудников и соискателей, включающих психологические и культурные особенности индивида, и, также, имея некую формализованную историю взаимодействий и взаимоотношений между различными типами личностей, нейронная сеть способна обучиться составлять максимально эффективные группы. Используя, примерно, те же данные, ИНС способна оказывать помощь сотруднику службы управления персоналом в подборе максимально эффективной программы мотивации для каждого сотрудника. Также, с помощью нейронных сетей можно существенно упростить анализ рынка труда [7].

Заключение. Слияние искусственных нейронных сетей с практиками управления персоналом представляет собой многообещающее направление к организационной эффективности и успеху. Современные вызовы, с которыми сталкивается бизнес, требуют инновационных решений. Идеи, которыми были описаны в этой статье, подчеркивают потенциал ИНС в различных аспектах управления персоналом, демонстрируя их способность революционизировать подбор персонала, планирование рабочей силы, управление талантами, обучение персонала и формирование команд.

Интеграция искусственных нейронных сетей в управление персоналом – это не просто технологический прогресс; это представляет собой смену парадигмы в том, как организации понимают, вовлекают и расширяют возможности своих сотрудников. Будущее управления персоналом неразрывно связано с эффективным использованием

нейронных сетей, знаменующих собой эпоху преобразований во взаимоотношениях между технологиями и человеческим капиталом. Применяя этот инновационный подход, организации готовы достичь беспрецедентного уровня производительности, адаптивности и долгосрочного процветания в динамичном ландшафте современного рабочего места.

Список литературы

[1] Геворгян Л. Р., Михайлова А.В. Управление персоналом в современных условиях. International scientific review. 2018. №1 (40).

[2] What Is Productivity Management and Why Is It Important in 2024? [Electronic resource] – Mode of access: https://www.simplilearn.com/tutorials/productivity/what-is-productivity-management. – Date of access: 24.01.2024.

[3] Фаустова К.И. Нейронные сети: применение сегодня и перспективы развития/ Территория науки. 2017. №4.

[4] Попов Д.В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В УПРАВЛЕНИИ ПЕРСОНАЛОМ. Экономика и социум. 2020. №11 (78).

[5] Simeunović N.a , Kamenko I.a , Bugarski V.a , Jovanović M.a , Lalić B.a. Improving workforce scheduling using artificial neural networks model. Advances in Production Engineering & Management. 2017;12(4):337-352. https://doi.org/10.14743/apem2017.4.262

[6] Maja Rožman, Dijana Oreški, Polona Tominc. Integrating artificial intelligence into a talent management model to increase the work engagement and performance of enterprises. 2022; 13. https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1014434

[7] Хохоев Т.И. Об использовании информационных технологий в управлении персоналом организации. Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова. 2019

Авторский вклад

Скиба Ирина Геннадьевна – руководство исследованием по изучению направлений применения искусственных нейронных сетей для улучшения производительности в управлении персоналом.

Нестеренков Сергей Николаевич – постановка задачи исследования, формулирование основных направлений исследования.

Жалейко Дмитрий Андреевич – подготовка данных по искусственным нейронным сетям, формирование структуры статьи.

EFFECTIVE USE OF NEURAL NETWORKS IN PERSONNEL MANAGEMENT TO IMPROVE PRODUCTIVITY

I.G. Skiba
Lead Software Engineer, Dept. IT, assistant, Dept. EC

S.N. Nesterenkov
Dean of the Faculty of Computer Systems and Networks of BSUIR,
PhD of Technical Sciences,
Associate Professor

D.A. Zhaleiko
Software Engineer of BSUIR Department of Information Technology

Abstract. This article examines the transformative impact of artificial neural networks (ANNs) on human resource management, and explores how these advanced technologies are changing key aspects of human resource management practices.

The research covers the use of INS in recruitment processes, HR planning, talent acquisition and retention, staff training and team building. Using the capabilities of neural networks for training, organizations can optimize decision-making processes, optimize personnel management methods and obtain information about their human resources potential.

Keywords: Artificial neural networks, personnel management, productivity improvement.

УДК 004.896

ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ В ЛОГИСТИКЕ

М.Г. Иващенко
Инженер-программист
ЦИИР БГУИР
ivas.maxon21092@gmail.com

С.Н. Нестеренков
Декан факультета компьютерных систем и сетей БГУИР, кандидат технических наук, доцент
s.nesterenkov@bsuir.by

А.В. Ситников
Инженер-программист
ЦИИР БГУИР
sitnikov.alexey1@gmail.com

М.Г. Иващенко

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. в 2022 году по специальности «Вычислительные машины, системы и сети». Работает инженером-программистом в отделе информационных технологий ЦИИР БГУИР.

С.Н. Нестеренков

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Кандидат технических наук, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации.

А.В. Ситников

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2022 году по специальности «Вычислительные машины, системы и сети». Работает инженером-программистом в отделе информационных технологий ЦИИР БГУИР.

Аннотация. Статья рассматривает роль нейронных сетей в улучшении эффективности логистических процессов через автоматизацию. Она предоставляет анализ актуальных задач логистики, демонстрирует преимущества и вызовы использования нейронных сетей, а также приводит успешные случаи внедрения нейронных сетей в логистических компаниях, а также будущие перспективы развития.

Ключевые слова: нейронные сети, логистика, эффективность нейронных сетей, оптимизация маршрутов, автоматизация в логистике.

Введение. В современном мире, где технологии и бизнес-модели постоянно меняются, логистика становится важной областью и автоматизация играет в этой области огромную роль. Однако с увеличением количества товаров становится и сложнее цепочка поставок, что в свою очередь будет труднее для обработки логистическими компаниями. Традиционные способы автоматизации часто не могут справиться с такими сложными задачами, как управление запасами, оптимизация маршрутов и планирование поставок. Эти системы могут столкнуться с трудностями адаптации к изменяющимся условиям рынка и не всегда справляются с колебаниями спроса и предложения.

В контексте решения проблем автоматизации в логистике, нейронные сети представляют собой мощный инструмент, способный адаптироваться к изменениям, выявлять сложные паттерны и прогнозировать тенденции. Использование искусственного интеллекта может предоставить более гибкие и точные решения, способные учитывать множество переменных и динамически адаптироваться к условиям рынка.

Цель данной статьи заключается в глубоком анализе и документировании преимуществ, технических аспектов, вызовов, успешных кейсов и будущих перспектив применения нейронных сетей в логистике. Разработка четкого понимания роли нейронных сетей в современных логистических операциях поможет компаниям принимать обоснованные решения о внедрении технологий, способствующих повышению эффективности и конкурентоспособности их бизнеса.

Основные задачи логистики и их решение с помощью нейронных сетей. Рассмотрим основные проблемы логистики, которые можно удачно решить с помощью нейронных сетей.

Прогнозирование спроса на товар с помощью нейронных сетей. Одним из основных преимуществ нейронных сетей является их возможность искать взаимосвязь между входными и выходными данными. Их архитектура позволяет находить нелинейный зависимости. Для прогнозирования спроса с использованием нейронных сетей, необходимо собрать разнообразные данные. Это могут быть как данные о прошлых продажах, поведении покупателя, погодных условиях, праздниках и других факторах, которые непосредственно могут влиять на спрос. Затем осуществляется подготовка данных и выбор архитектуры нейронной сети. Далее производится обучение модели на подготовленных данных. Благодаря хорошо обученной нейронной сети модель будет позволять анализировать текущие данные и факторы, которые влияют на спрос на товар у покупателей и с этой помощью позволят предсказывать, как изменится спрос в будущем.

Оптимизация маршрутов и планирование поставок с помощью нейронных сетей. Нейронные сети позволяют рассчитывать наиболее оптимальные маршруты на основе большого количества данных, таких как дорожные условия, транспортные средства и расписание доставки. Использование нейронных сетей в оптимизации маршрутов имеет следующие преимущества: эффективность, экономия и масштабируемость. К недостаткам можно отнести высокую стоимость, требование высококвалифицированных специалистов и др. Таким образом можно сделать вывод, что в настоящее время нейронные сети позволяют эффективно оптимизировать маршруты и планировать поставки соответственно, но в процессе внедрения новых технологий необходимо учитывать недостатки, связанные с применением нейронных сетей.

Мониторинг и управление складскими операциями. Существует несколько способов как можно значительно улучшить эффективность управления складскими процессами. Прежде всего нейронные сети могут быть обучены распознавать и классифицировать товары по их внешнему виду или уникальным характеристикам и это может помочь в автоматическом отслеживании товаров на складе без необходимости ручного вмешательства. Одним из способов является использование нейронных сетей совместно с *технологиями Radio-Frequency Identification* (*RFID*) или *Internet of Things* (*IoT*), которое позволяет более точно и быстро отслеживать перемещение товаров на складе. Нейронные сети также могут управлять системами автоматизированной сборки заказов, определяя оптимальный порядок сборки товаров и сокращая время выполнения заказов. Помимо всего вышеперечисленного анализ данных и использование нейронных сетей позволяют более точно предсказывать время доставки, что улучшает обслуживание клиентов и повышает удовлетворенность заказчиков.

Решение проблемы последней мили. «Последней милей» в логистике принято обозначать завершающий этап доставки – до конечного потребителя, например, из

распределительного центра до двери покупателя. Нейронные сети способны сделать процесс доставки на последнем этапе более эффективным, учитывая географические особенности и предпочтения клиентов. На данный момент существует несколько идей того, как можно улучшить эффективность решения данной проблемы: улучшать или осуществлять персонализированную доставку с использованием нейронных сетей для более точного предсказания времени доставки и выбора оптимального момента, также можно использовать данные о предпочтениях клиентов для предоставления дополнительных услуг, например определенное время доставки или выбор места для получения товара; наладить взаимодействие с клиентами, а именно разработку систем уведомлений и отслеживания с использованием нейронных сетей для предоставления клиентам более точной информации о статусе доставки.

Типы нейронных сетей и их применение в логистике.

Многослойные персептроны (*MLP*). *MLP* представляют собой базовую форму нейронной сети, состоящую из как минимум трех слоев нейронов. Данный тип нейронных сетей можно использовать в прогнозировании спроса на товары с целью оптимизации запасов, а также в маршрутном планировании, чтобы оптимизировать логистические операции.

Рекуррентные нейронные сети (*RNN*). *RNN* обладают способностью запоминать предыдущие входы, что делает их подходящими для анализа временных последовательностей. Рекуррентные нейронные сети можно применить в прогнозировании времени доставки, так как они могут обучаться на основе исторических данных и предсказывать время доставки грузов. Также способность данного типа нейронных сетей анализировать временные зависимости полезна для управления запасами в реальном времени.

Сверточные нейронные сети (*CNN*). *CNN* специализируются на обработке и анализе данных, имеющих пространственную структуру, таких как изображения. *CNN* может использоваться для распознавания и классификации грузов на основе изображений, а также с целью оптимизации маршрутов транспортных средств при помощи анализа картографических данных.

Глубокие автокодировщики (*DAE*). *DAE* используются для обучения компактным представлениям входных данных и их восстановлению. Их можно использовать в целях улучшения кластеризации товаров, а именно для группировки товаров в логистических цепочках. Помимо вышеперечисленного представление, полученное с использованием глубоких автокодировщиков, может помочь в оптимизации распределения товаров на складе.

Генеративные состязательные сети (*GAN*). Генеративно-состязательная нейросеть представляет собой архитектуру, которая состоит из генератора и дискриминатора, настроенных на работу друг против друга. Данный тип нейронных сетей можно использовать в создании сценариев для тестирования логистических стратегий без фактического их выполнения.

Технические вызовы и пути их преодоления.

Обработка больших объемов данных. Для эффективного обучения нейронных сетей и последующего их использования в логистике и других сферах необходимы обширные объемы данных. Чтобы преодолеть данный вызов можно использовать различные технологии для эффективной обработки информации, а также хранения больших данных.

Обучение на реальных данных. Недостоверные реальные данные снижают эффективность их работы. Чтобы преодолеть данный технический вызов, можно использовать генерацию синтетических данных либо осуществлять адаптацию реальных данных к тому, что считается достоверным.

Безопасность данных. Большим техническим вызовом безусловно является обеспечение безопасности данных при использовании нейронных сетей. Для этой цели следует применять современные методы и алгоритмы шифрования данных, чтобы обеспечить конфиденциальность и защиту от взломов.

Экономические выгоды и расходы. Благодаря рассмотренным методам автоматизации логистических процессов с использованием нейронных сетей существенно снижается необходимость в большом количестве сотрудников, но в качестве противовеса требуются расходы для обучения персонала и внедрения новых технологий. К экономическим выгодам можно отнести улучшенную эффективность доставки продуктов, управления запасами, прогнозирования спроса, что может привести к значительному увеличению прибыльности, но для этого опять же нужны первоначальные расходы и капитал, чтобы внедрить системы на основе нейронных сетей.

Случаи успешного применения нейронных сетей в логистике.

***Coca-Cola*: оптимизация снабжения и прогнозирование спроса.** *Coca-Cola* внедрила систему глубокого обучения для оптимизации цепочки поставок и прогнозирования спроса. Нейронные сети анализируют большие объемы данных, включая информацию о продажах, погодных условиях и рекламных кампаниях. Это позволяет компании точнее предсказывать спрос, оптимизировать запасы и улучшать эффективность поставок.

***Amazon*: роботизированные склады с использованием искусственного интеллекта.** *Amazon* успешно применяет нейронные сети и другие технологии искусственного интеллекта для управления своими роботизированными складами. Система использует машинное обучение для принятия решений о маршрутах и организации товаров на складе, что позволяет сократить время обработки заказов и улучшить общую эффективность логистики.

***Maersk*: прогнозирование грузовых потоков и маршрутов.** Мировой логистический гигант Maersk применяет нейронные сети для прогнозирования грузовых потоков и оптимизации морских маршрутов. Алгоритмы глубокого обучения анализируют множество факторов, таких как погодные условия, политическая обстановка, исторические данные о перевозках, чтобы предсказать оптимальные маршруты и сроки доставки.

***UPS*: повышение эффективности маршрутизации.** Компания *UPS* использует нейронные сети для улучшения эффективности маршрутизации грузов. Система анализирует данные о движении транспортных средств, дорожных условиях, сроках доставки и других параметрах, чтобы автоматически оптимизировать маршруты, уменьшая затраты на топливо и время доставки.

Перспективы внедрения новых технологий в логистические процессы. Внедрение новых технологий в логистические процессы будет способствовать повышению эффективности и конкурентоспособности компаний. Некоторые перспективы в этом направлении включают: использование роботов и автономных транспортных средств; технология блокчейн для обеспечения более высокого уровня прозрачности в логистических цепях, что поможет предотвратить мошенничество и снизить потери; технологии будут направлены на создание более экологичных логистических систем, включая оптимизацию маршрутов для снижения выбросов и использования электрических транспортных средств.

Заключение. В данной статье были представлены ключевые моменты, связанные с внедрением нейронных сетей в логистические операции. Основные результаты включают

в себя рассмотрение улучшения эффективности и точности прогнозирования спроса, оптимизации маршрутов доставки, а также повышения общей эффективности логистических процессов. Нейронные сети продемонстрировали потенциал в улучшении управления цепями поставок, снижении издержек и повышении уровня обслуживания клиентов.

Список литературы

[1] Арифджанова Н.З. Инновационные концепции развития логистических услуг по перевозке и складированию грузов // Научный журнал «A Posteriori». - 2015.

[2] Nazarova V. Influence of integrated communications on increasing the attractiveness of transport services in Uzbekistan // International Finance and Accounting. - 2018. - Т. 2018. - №. 5.

[3] Карпова Ю.А., Соколов Н.Н. Цифровые технологии по оценке персонала в управлении и образовании: настоящее состояние и перспективы // Редакционная коллегия. - 2019.

Авторский вклад

Иващенко Максим Геннадьевич – руководство написанием статьи, анализ результатов работы.

Нестеренков Сергей Николаевич – формирование темы и задач исследования, определение объекта и предмета исследования.

Ситников Алексей Владимирович – подготовка данных по логистическим проблемам.

EFFECTIVE USE OF NEURAL NETWORKS IN SOLVING AUTOMATION PROBLEMS IN LOGISTICS

M.H. Ivashchenko
Software Engineer at information technologies department at the BSUIR

S.N. Nesterenkov
Dean of the Faculty of Computer systems and Networks of BSUIR, Associate Professor

A.V. Sitnikov
Software Engineer at information technologies department at the BSUIR

Abstract. The article examines the role of neural networks in improving the efficiency of logistics processes through automation. It provides an analysis of current logistics tasks, demonstrates the advantages and challenges of using neural networks, and provides successful cases of neural networks implementation in logistics companies as well as future development prospects.

Keywords: neural networks, logistics, efficiency of neural networks, route optimisation, automation in logistics.

УДК 004.032.26

НЕЙРОСЕТИ В АНАЛИЗЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ ПЕРСОНАЛА И ЕГО ВЛИЯНИЯ НА УСПЕХ ПРОЕКТОВ

Д.А. Жалейко
Инженер-программист ОИТ, ассистент каф. ЭВМ
d.zhalejko@bsuir.by

С.Н. Нестеренков
Декан факультета компьютерных систем и сетей БГУИР, кандидат технических наук, доцент
s.nesterenkov@bsuir.by

И.Г. Скиба
Ведущий инженер-программист ОИТ, ассистент каф. ЭВМ
i.skiba@bsuir.by

Д.А. Жалейко
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2021 году по специальности «Вычислительные машины, системы и сети», магистрант первого года обучения по специальности "Компьютерная инженерия" БГУИР.

С.Н. Нестеренков
Кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации.

И.Г. Скиба
Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2020 году по специальности «Вычислительные машины, системы и сети», магистрант второго года обучения по специальности «Компьютерная инженерия» БГУИР.

Аннотация. Рассмотрена значимость эмоционального состояния персонала для успеха проектов, исследуя различные факторы, такие как эффективность коммуникации, мотивация и сотрудничество. Также рассмотрены примеры применения анализа эмоций в компаниях и организациях, показывая практическую пользу нейросетей в данной области.

Ключевые слова: Эмоциональное состояние, анализ голоса, распознавание лица, анализ текстов, успех проектов.

Введение. Распознавание эмоционального состояния человека является одной из актуальных проблем современности в связи с развитием цифровых технологий. Решение проблемы распознавания эмоций востребовано в таких областях как: робототехника, психология, медицина, криминалистика и прочее. Эмоциональные состояния имеют очень разнообразные проявления. По степени интенсивности и продолжительности они могут быть длительными, но слабыми (печаль), или сильными, но кратковременными (радость) [1].

Изучение связи между эмоциональным состоянием персонала и успешностью проектов имеет важное значение для организаций. Эмоциональное состояние сотрудников может оказывать значительное влияние на их работоспособность, мотивацию и

эффективность. Если сотрудники испытывают положительные эмоции, такие как радость, уверенность и вдохновение, они склонны к более высокой продуктивности и лучшим результатам в проекте. С другой стороны, негативные эмоции, такие как стресс, разочарование или фрустрация, могут привести к снижению работоспособности и качества работы.

Изучение эмоционального состояния персонала позволяет организации выявлять и устранять негативные факторы, которые могут влиять на успех проектов, такие как конфликты на рабочем месте, несбалансированная нагрузка или недостаток мотивации [2].

Роль эмоций в рабочей среде. Эмоции играют важную роль в нашей жизни и имеют существенное влияние на наше поведение, включая работу, межличностные отношения и коллективную эффективность [3]. В таблице 1 приведены некоторые способы, которыми эмоции могут влиять на эти области.

Таблица 1. Примеры влияния эмоций в рабочей среде

	Положительные эмоции	*Отрицательные эмоции*
Качество работы и продуктивность	Радость, вдохновение или восторг могут стимулировать творческую мысль и инновационность, что в конечном итоге может повысить качество продукта или работы.	Страх или тревога, могут вызывать стресс, отвлекающие мысли и трудности в концентрации, что может отрицательно сказаться на качестве работы и продуктивности.
Межличностные отношения	Могут способствовать формированию доверия, эмпатии и поддержки в отношениях.	Гнев или разочарование, могут вызывать конфликты, негативные отношения и ухудшение коммуникации.
Коллективная эффективность	Участники команды могут быть более мотивированными для достижения общих целей и готовыми к сотрудничеству.	Пессимизм или безразличие могут подавлять мотивацию, доверие и взаимодействие внутри коллектива, что отрицательно сказывается на его эффективности.

Применение нейросетей в анализе эмоционального состояния. Одно из основных применений нейросетей в анализе эмоционального состояния – это определение и классификация эмоций по тексту или голосу. Другое применение нейросетей – это анализ эмоций на изображениях или видео. Модели нейросетей могут определять эмоциональное состояние человека по его выражению лица или жестам. Это может быть полезным, например, в медицине для диагностики психических расстройств или в исследованиях маркетинга для оценки реакции аудитории на различные видеоролики и рекламу.

Ещё одна область применения – это анализ социальных медиа. Нейросети могут автоматически анализировать посты пользователей в социальных сетях и определять их эмоциональное состояние. Это позволяет выявлять тренды среди пользователей и получать информацию о настроении общества в целом.

Кроме того, нейросети применяются для создания генеративных моделей эмоций. Это позволяет воссоздавать или синтезировать эмоции на основе заданных условий. Например, можно создать модель, которая будет придавать речи или текстам определенную эмоциональную окраску.

Нейросети могут быть полезны в оценке эмоционального состояния персонала за счет использования анализа голоса, распознавания лица или анализа текстов [4]:

1 Анализ голоса. Нейросети могут обучаться распознавать эмоциональные состояния по изменениям в голосовой интонации. Они могут выявлять и анализировать такие характеристики, как тон голоса, скорость речи, громкость, паузы и т. д. Это позволяет оценить эмоциональное состояние сотрудника на основе его голоса, не требуя активного участия со стороны.

2 Распознавание лица. Нейросети могут использоваться для распознавания эмоций через анализ выражения лица сотрудника. Они могут определять микро-выражения, мимические движения, позы и другие физические признаки, связанные с эмоциональным состоянием. Это позволяет выявить эмоциональные реакции даже в тех случаях, когда сотрудник не сообщает о них явно.

3 Анализ текстов. Нейросети могут быть обучены анализировать эмоциональное содержание текстовых сообщений, таких как электронные письма, отзывы, комментарии и т. д. Они могут определять эмоции по использованию определенных слов, языковых оборотов или тону сообщения. Это позволяет автоматически оценить эмоциональное состояние персонала даже в отсутствие прямого взаимодействия.

Влияние анализа эмоционального состояния на успех проектов. Информация о эмоциональном состоянии персонала может быть использована для оптимизации рабочего процесса в нескольких аспектах [3]:

1. Улучшение коммуникации и сотрудничества. Зная эмоциональное состояние своих сотрудников, руководитель или менеджер может адаптировать свой подход к коммуникации и распределению задач. Если сотрудник испытывает стресс или плохое настроение, руководитель может предложить ему поддержку, разгрузить его от некоторых задач или дать возможность взять перерыв для восстановления эмоциональной устойчивости.

2. Мотивация и удержание сотрудников. Более эмоционально поддерживающая и понимающая рабочая среда может помочь поддерживать высокий уровень мотивации у сотрудников. Менеджеры могут использовать информацию об эмоциональном состоянии для предоставления подходящих поощрений и похвалы соответствующим образом, чтобы удержать сотрудников и содействовать их долговременной эффективности.

3. Предупреждение проблем и стресса. Если у руководителя или HR-специалиста есть информация о отрицательных эмоциональных состояниях сотрудников, они могут заводить системы контроля и меры предосторожности, чтобы предотвратить развитие стресса и проблем. Это может включать в себя настройку рабочей нагрузки, обеспечение дополнительной поддержки или проведение тренингов по управлению стрессом.

4. Улучшение клиентского сервиса. Если сотрудники, обслуживающие клиентов, испытывают положительные эмоциональные состояния, они могут обеспечить более высокий уровень обслуживания. Руководители могут использовать информацию об эмоциональном состоянии персонала, чтобы предоставить им подходящую поддержку и средства самовыражения, чтобы они могли лучше обслуживать клиентов и создавать более положительные взаимодействия.

Заключение. Можно сделать вывод, что нейросети представляют собой важный инструмент для анализа эмоционального состояния персонала и его влияния на успех проектов. Они позволяют автоматически обрабатывать большие объемы данных и выделять из них значимые паттерны, что помогает определить настроение и

эмоциональное состояние команды в реальном времени. Это позволяет руководителям более эффективно управлять проектами, прогнозировать возможные проблемы и принимать своевременные меры для их предотвращения. Нейросети также помогают выявить связи между эмоциональным состоянием персонала и результатами проектов, что важно для разработки стратегий улучшения производительности и удовлетворенности сотрудников. В целом, использование нейросетей в анализе эмоционального состояния персонала может существенно повысить эффективность управления и повысить успех проектов.

Список литературы

[1] Искусственный интеллект в решении актуальных социальных и экономических проблем XXI века: сб. ст. по материалам Третьей всерос. науч.-практ. конф. Пермь: ПГНИУ, 2018. – 294 с.

[2] Нейро прожект менеджмент: сборник материалов. Москва: РУСАЙНС, 2020. – 230 с.

[3] Patrick Ndubuisi Eze. Managing emotions in project teams. Sweden: KTH, 2017. – 69 p.

[4] Chiranji Lal Chowdhary. Multidisciplinary Applications of Deep Learning-Based Artificial Emotional Intelligence. USA: IGI Global, 2022. – 324 p.

Авторский вклад

Нестеренков Сергей Николаевич – руководство исследованием по подтверждению эффективности применения нейросетей в анализе эмоционального состояния и развитии персонала.

Жалейко Дмитрий Андреевич – описание основных принципов работы нейросетей в анализе эмоционального состояния, анализ полученных результатов, формирование структуры статьи.

Скиба Ирина Геннадьевна – изучение роли эмоционального состояния персонала в успешности проектов, сравнение влияний положительных и отрицательных эмоций в рабочей среде.

NEURAL NETWORKS IN THE ANALYSIS OF THE EMOTIONAL STATE AND DEVELOPMENT OF STAFF AND ITS IMPACT ON THE SUCCESS OF PROJECTS

D.A. Zhaleika
Software Engineer of the Information Technology Department, Assistant of the Department of Electronic Computing Machines

S.N. Nesterenkov
Dean of the Faculty of Computer Systems and Networks of BSUIR, PhD of Technical Sciences, Associate Professor

I.G. Skiba
Leading Software Engineer of the Information Technology Department, Assistant of the Department of Electronic Computing Machines

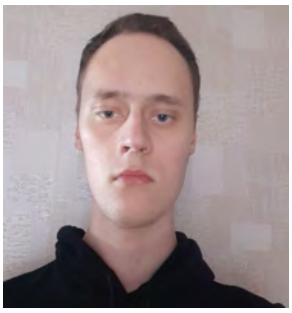
Abstract. The importance of the emotional state of the staff for the success of projects is considered, exploring various factors such as communication effectiveness, motivation and cooperation. Examples of the application of emotion analysis in companies and organizations are also considered, showing the practical benefits of neural networks in this area.

Keywords: Emotional state, voice analysis, face recognition, text analysis, project success.

УДК 336.74:336.711

РАЗВИТИЕ ЦИФРОВЫХ ВАЛЮТ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ФИНАНСОВЫЕ РЫНКИ

П.С. Жуковец
Инженер-программист в ОИТ ЦИИР, БГУИР, ассистент кафедры электронных вычислительных машин БГУИР
pzhukovetc@gmail.com



С.Н. Барсукевич
Инженер-программист в ОИТ ЦИИР, БГУИР
mx2002bsn0307@gmail.com

С.Н. Нестеренков
Декан факультета компьютерных систем и сетей БГУИР, кандидат технических наук, доцент
s.nesterenkov@bsuir.by

П.С. Жуковец
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2022 году по специальности «Вычислительные машины, системы и сети». Работает инженером-программистом в отделе информационных технологий ЦИИР БГУИР.

С.Н. Барсукевич
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2023 году по специальности «Информатика и технологии программирования». Работает инженером-программистом в отделе информационных технологий ЦИИР БГУИР.

С.Н. Нестеренков
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Кандидат технических наук, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцент кафедры программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации.

Аннотация. С развитием технологий традиционные деньги больше не являются безальтернативным средством осуществления платежей. От криптовалют до стейблкоинов – существует множество типов цифровой валюты, каждая из которых имеет свои уникальные особенности и функции. Цифровая валюта может полностью изменить отношение общества к деньгам. Рост популярности Биткойна и других криптовалют, существующих только в электронной форме, побудил центральные банки мира исследовать, как могут работать национальные цифровые валюты. Они призваны повысить конкуренцию и стабильность финансовой сферы в условиях распространения цифровых валют.

Ключевые слова: цифровая валюта, цифровые деньги, криптовалюта, биткойн, CBDC.

Введение. Концепция цифровой валюты получила свою реализацию совсем недавно, однако, с каждым днем она приобретает все большую ценность. На текущий момент в мире уже существует множество типов цифровой валюты. Где-то она признана на уровне государства, где-то она имеет полузаконный статус, а в некоторых государствах и вовсе запрещена. Несмотря на свой «молодой» статус, цифровые валюты не только повлияли на то, как люди тратят и сберегают деньги, но также повлияли на целые центральные банки и мировую экономику в целом.

Цифровая валюта. Цифровая валюта – это деньги, доступные исключительно в цифровой или электронной форме. В отличии от электронных денег, представляющих деньги на банковских счетах, цифровая валюта не имеет физических атрибутов. Операции с цифровыми валютами осуществляются с использованием компьютеров или электронных кошельков, подключенных к Интернету или специальной сети. Физические деньги, такие как банкноты и чеканные монеты, в свою очередь, осязаемы, они имеют определенные физические атрибуты и характеристики. Для осуществления, например, транзакций их держатели должны физически владеть такими деньгами. Несмотря на такое значимое отличие, стоит понимать, что цифровые валюты имеют такую же полезность, как и физические. Они могут быть использованы для приобретения товаров и оплаты услуг. Кроме того, отдельные цифровые валюты используются в различных онлайн-площадках, интернет-магазинах, социальных сетях, компьютерных играх. Цифровые валюты бывают централизованными и децентрализованными. Фиатная валюта, существующая в физической форме, имеет централизованную природу, она контролируется центральным банком и другими государственными учреждениями. В свою очередь криптовалюты, такие как Биткойн (*Bitcoin*) и Эфириум (*Etherium*), являются примерами децентрализованных систем цифровых валют, они не имеют единой организации по выпуску, контролю и надзору, права пользователей и потребителей в подобных системах не защищены. На данный момент в мире существую большое разнообразие различных цифровых валют.

Криптовалюта. Криптовалюта – это форма цифровой валюты, в которой транзакции осуществляются через компьютерную сеть зачастую без какого-либо центрального органа, который бы их поддерживал. Регулирование создания новых единиц и защита транзакций осуществляется с помощью криптографических методов. Децентрализованный реестр, известный как блокчейн, используется криптовалютами для проверки транзакций и позволяет им работать независимо от какого-либо централизованного органа. Еще одна вещь, которая отличает этот тип цифровой валюты от других, заключается в том, что все они существуют в ограниченных количествах, поэтому их можно приобрести только определенное количество.

Несмотря на свою популярность криптовалюты имеют ряд проблем. Некоторые криптовалюты подвержены манипулированию ценами, а многие имеют высокую волатильность. В отличие от традиционных валют, криптовалюты не регулируются, что может увеличить риски инвесторов.

Первая криптовалюта в мире – *Bitcoin* – появилась в 2009 году. Неизвестный разработчик (или группа разработчиков) под псевдонимом Сатоси Накамото осуществил создание протокола платежной системы в виде одноранговой сети [1], которой и был биткоин. Первый блок из 50 монет BTC был добыт 3 января 2009 года. 12 января состоялась первая транзакция с использованием биткоина – в этот день Сатоси Накамото перевел 10 BTC Хэлу Финни. В 2010 году американский программист Ласло Хейниц купил две пиццы, отдав за них 10 000 BTC.

Несмотря на то, что криптовалюта появилась совсем недавно, она приобрела огромную популярность. На пике в ноябре 2021 года общая рыночная капитализация всех существующих криптовалют составляла около 2,8 трлн долларов. На январь 2024 года данная характеристика составляет 1,64 трлн долларов, из которых на долю самых распространенных криптовалют – *Bitcoin* и *Etherium* – приходится 828 и 272 млрд долларов соответственно. Цифры внушительные, а характер такого колебания капитализации еще раз показывает особенность, которой подвержены криптовалюты, – высокую волатильность.

21 декабря 2017 года в Республике Беларусь, Президентом был подписан декрет №8 «О развитии цифровой экономики». Документ дает серьезные конкурентные

преимущества стране в создании цифровой экономики XXI века. Беларусь первой в мире поддержала криптовалюту на законодательном уровне. Декрет определяет права физических и юридических лиц при проведении операций с криптовалютой: ее можно добывать, продавать, покупать, а также дарить и завещать. 4 февраля 2022 г. Александр Лукашенко подписал Указ № 48 «О реестре адресов (идентификаторов) виртуальных кошельков и особенностях оборота криптовалюты» [2].

Стейблкоины. Стейблкоины – это особый тип криптовалюты. Они разработаны для противодействия волатильности цен на обычные криптовалюты. Цена стейблкоина обычно привязана к курсу реальной валюты (например, доллар, евро или юань), криптовалюты (например, биткойн), стоимости товара (например, фьючерс на нефть) или ценной бумаги (акция какой-либо компании), чтобы гарантировать их стабильность. Они не поддерживаются правительственными органами. Этот тип цифровой валюты набирает популярность, поскольку он предлагает большую финансовую стабильность, чем некоторые другие цифровые валюты. На январь 2024 года зарегистрировано более 150 стейблкоинов. Среди популярных стейблкоинов можно выделить *Tether* (*USDT*), *Circle* (*USDC*), *Binance* (*BUSD*).

Принципиальное отличие стейблкоина от обычной криптовалюты заключается в источнике выпуска. Эмиссия стейблкоинов происходит по-другому: они выпускаются определенной организацией.

Цифровые валюты центральных банков. Цифровые валюты центрального банка (далее – *CBDC*) – это форма цифровой валюты, выпускаемая центральным банком страны. Каждая платежная единица имеет свой уникальный цифровой код, что позволяет государству отслеживать ее перемещение. *CBDC* аналогичны криптовалютам, за исключением того, что их стоимость фиксируется центральным банком и эквивалентна бумажной валюте страны. На данный момент многие страны разрабатывают свои *CBDC*, а некоторые страны уже успешно внедрили их в свою финансовую систему.

CBDC призваны снизить риски, связанные с использованием цифровых валют, в частности криптовалют, в их нынешней форме. Криптовалюты очень волатильны, и их стоимость постоянно колеблется. Данная волатильность способна повлиять на общую стабильность экономики. *CBDC*, поддерживаемые правительством и контролируемые центральным банком, предоставляют пользователям безопасные средства обмена цифровой валюты.

Существую следующие типы *CBDC* [3]:

1 Розничные *CBDC* – цифровая валюта, доступная для широкого использования, в том числе юридическими и физическими лицами; дополняет и (или) заменяет наличные денежные средства, выступает в качестве альтернативы традиционным банковским депозитам; процентный доход, как правило, не предусмотрен.

2 Оптовые *CBDC* – цифровая валюта, которая доступна лишь ограниченному кругу пользователей, например финансовым институтам, хранящим деньги на счетах центральных банков, или профессиональным участникам финансового рынка; сфера распространения, как правило, ограничивается межбанковскими расчетами.

3 Гибридные *CBDC* представляют собой нечто среднее между розничными и оптовыми *CBDC*. Обработкой платежей занимаются посредники, однако сама цифровая валюта является прямым платежным требованием к центробанку. Последний отвечает за распределенный реестр со всеми транзакциями и управляет резервной технической инфраструктурой, позволяющей перезапустить платежную систему в случае отказа.

Розничные *CBDC*, в свою очередь, также делятся на типы [4]:

1 *CBDC* на основе токенов. *CBDC* на основе токенов обеспечивают универсальный доступ для всех пользователей ценой более высоких мер по обеспечению безопасности. Технология на основе токенов работает аналогично блокчейну: она функционирует с

использованием технологии распределённого реестра для подтверждения цепочки владения при подтверждении транзакций. Это может привести к повышению риска потери конечными пользователями ключей или токенов, хранящихся в кошельке.

2 *CBDC* на основе счетов. *CBDC*, основанные на счетах, привязаны к личности владельца банковского счета. Поэтому *CBDC*, основанные на счетах, требуют цифровой идентификации для доступа к счету. Когда проводится транзакция, каждый платеж обрабатывается банками отдельно, дебетуя счет *CBDC* отправителя и кредитуя счет получателя. Банковские счета помогают в проверке личности обеих сторон в транзакции, что требует продвинутых систем для уникальной верификации каждого пользователя в платежной системе.

Преимущества и недостатки цифровых валют. Можно выделить следующие преимуществ цифровых валют:

1 Быстрая передача и время транзакции. Обычно цифровые валюты существуют в единой сети, а переводы осуществляются без посредников, поэтому время, необходимое для переводов с использованием цифровых валют, чрезвычайно мало. Поскольку платежи в цифровых валютах осуществляются между сторонами сделки без участия каких-либо посредников, транзакции обычно мгновенные и недорогие. Таким образом, это лучше, традиционных способов оплаты, в которых участвуют банки и другие учреждения. Транзакции на основе цифровой валюты также обеспечивают необходимый учет и прозрачность.

2 Отсутствие необходимости физического производства. Валюта в виде банкнот и монет требует создания производственных мощностей. Поскольку цифровая валюта не имеет физического состояния, отсутствует необходимость в таком производстве. Кроме того, цифровая валюта невосприимчива к физическим дефектам или загрязнениям, присутствующим в физической валюте.

3 Реализация денежно-кредитной и налогово-бюджетной политики. Цифровая валюта позволяет обходить посредничество банков и других финансовых учреждений при циркуляции денег как между отдельным гражданином и государством, так и при циркуляции денег в государственной экономике в целом. Также исчезает необходимость транспортировки денежных банкнот из одного места в другое.

4 Низкие транзакционные издержки. Цифровые валюты позволяют осуществлять прямое взаимодействие внутри сети. Затраты, связанные с транзакциями в цифровой валюте между различными сетями, дешевле по сравнению с затратами, связанными с физическими или бумажными валютами. Существующие на данный момент способы осуществления банковских транзакций являются дорогостоящими и отнимают много времени, поскольку в них используются разрозненные системы обработки. Примером может служить система *SWIFT* – сеть платежных систем, состоящая из различных банков и финансовых учреждений по всему миру: за каждый перевод, осуществляемый через сеть *SWIFT*, взимается соответствующая комиссия. Из-за отсутствия посредников, стремящихся получить экономическую выгоду от обработки транзакции, цифровые валюты могут снизить общую стоимость транзакции.

5 Децентрализация. Важной особенностью цифровых валют является возможность быть децентрализованными. Таким образом, они не контролируются каким-либо правительством или финансовым учреждением. Децентрализованные цифровые валюты делают их более устойчивыми к государственному вмешательству, цензуре и манипуляциям. Децентрализация в данном случае означает, что контроль над цифровой валютой распространяется на более широкий круг владельцев или пользователей.

6 Конфиденциальность. Из-за того, что транзакции с цифровыми валютами не связаны с личными данными, пользователи получают высокий уровень конфиденциальности и анонимности. Поэтому они очень полезны в тех случаях, когда

конфиденциальность финансовых операций имеет важное значение. Стоит упомянуть, что в ряде случаев данная особенность может рассматриваться как недостаток.

7 Высокая доступность. Для использования цифровой валюты обычно достаточно подключения к Интернету. Поскольку в данном случае физический доступ к банковскому учреждению не требуется, производить над цифровыми деньгами операции можно как из дома, так и из любой точки земного шара. Данная особенность должна быть привлекательна в регионах со слабо развитой финансовой инфраструктурой.

Среди недостатков использования цифровых денег можно перечислить следующее:

1 Проблемы хранения и необходимость наличия инфраструктуры. Несмотря на то, что цифровые деньги не требуют от пользователя физического хранилища, они все же предъявляют некоторые требования к способу хранения и использования. Для доступа к цифровым деньгам требуется подключение к Интернету, а также смартфоны и услуги, связанные с их предоставлением. Кроме того, для хранения цифровых валют также необходимо наличие у пользователя онлайн-кошелька с надежной защитой.

2 Подверженность хакерским атакам. Цифровое происхождение делает цифровые валюты уязвимыми для взлома. Онлайн-кошелек пользователя может подвергнуться хакерской атаке. Таким образом, хакеры могут украсть цифровые деньги из онлайн-кошельков или атаковать протокол цифровой валюты, сделав её непригодной для использования.

3 Высокая волатильность. Цифровые валюты часто подвержены резким колебаниям цен. Данной проблеме особенно подвержены криптовалюты: их децентрализованный характер привел к появлению большого количества цифровых валют с низкой капитализацией, цены которых склонны к внезапным изменениям, связанным с политикой инвесторов.

4 Ограниченность использования. Несмотря на свою популярность, цифровые валюты до сих пор ограничены во многих местах для осуществления повседневных платежей. Например, в большинстве стран на текущий момент цифровые валюты не могут быть использованы для осуществления платежей в розничной торговле.

5 Необратимость транзакций. За частую из-за технических особенностей реализации цифровой валюты транзакции необратимы. Это означает, что после завершения транзакции ее нельзя отменить. В случаях, когда произошла ошибка или мошенничество, это является недостатком. Из-за отсутствия центральных органов надзора, что характерно для большинства существующих на данный момент цифровых валют, пользователи не могут просто обратиться в филиал и получить помощь.

Заключение. Цифровые валюты появились совсем недавно и практически сразу обрели большую популярность. Первый представитель современных цифровых валют - биткойн - уже давно обошёл золото по стоимости за одну единицы. На январь 2024 года суммарная капитализация криптовалют составляет более 1.6 трлн долларов. Криптовалюты представляют распространенный способ инвестирования. Однако, несмотря на это, серьёзной проблемой подавляющего числа криптовалют является высокая волатильность, которая происходит во многом из-за спекуляций крупных игроков на биржах криптовалют. Кроме того, криптовалюты, такие как биткойн, не обеспечены материально. Чтобы решить данную проблему были придуманы стейблкоины. Они, например, привязаны к обычной валюте, физическому ресурсу либо к стоимости ценной бумаги. Таким образом, проблема волатильности была решена. Однако по своей природе, криптовалюты являются чрезмерно анонимным средством осуществления транзакций, что для государства, к примеру, может оказаться проблемой. Преступная деятельность, незаконная торговля и многое другое, может осуществляться с помощью криптовалют, усложняя государству выполнение функций по защите безопасности граждан. Кроме того, из-за децентрализации не существует органа, ответственного за эмитент и защиту прав

потребителей и пользователей. Обратив внимание на данные проблемы, многие государства начали разрабатывать проекты собственных цифровых валют. Цифровые валюты национальных банков призваны решить все перечисленные проблемы. В данном случае главным органом и посредником кредитно-банковских операций является национальный банк. Он ответственен за выпуск цифровой валюты, определяет правила взаимодействия для пользователей, защищает их права. Кроме того, благодаря единому органу появляется возможность контроля за транзакциями, что существенно усложняет любую криминальную деятельность с вовлечением цифровой валюты. На январь 2024 года в мире существует уже более 10 проектов национальных валют. Самой крупной из них является цифровой юань, внедрение которого началось еще в 2019 году. На текущий момент на стадии тестирования находится цифровой российский рубль. В Беларуси пока лишь утверждена концепция собственной цифровой национальной валюты.

Список литературы

[1] Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf. – Дата доступа: 27.01.2024.

[2] Перспективы развития криптовалют в Беларуси: материалы 58 науч. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Минск, 18–22 апреля 2022 г. / Белорус. гос. ун-т информатики и радиоэлектроники; редкол.: С. Н. Нестеренков [и др.]. – Минск: БГУИР, 2022. – 255 с.

[3] Юзефальчик И. В. Цифровые валюты центральных банков: подходы к внедрению и роль в финансовой системе // Банковский вестник: электрон. журн. ноябрь 2019. – Режим доступа: https://www.nbrb.by/bv/pdf/articles/10678.pdf. – Дата доступа: 28.01.2024.

[4] Цифровая валюта центрального банка (CBDC) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://coinmarketcap.com/academy/ru/glossary/central-bank-digital-currency. – Дата доступа: 28.01.2024.

Авторский вклад

Жуковец Пётр Сергеевич – руководство исследованием, формирование структуры статьи, оформление статьи.

Нестеренков Сергей Николаевич – формирование темы и задач исследования, определение объекта и предмета исследования.

Барсукевич Сергей Николаевич – подготовка данных по цифровым валютам.

DEVELOPMENT OF DIGITAL CURRENCIES AND THEIR IMPACT TO FINANCIAL MARKETS

P.S. Zhukovetc
Software engineer at information technologies department at the BSUIR

S.N. Nesterenkov
Dean of the Faculty of Computer systems and Networks of BSUIR, Associate Professor

S.N. Barsukevich
Software engineer at information technologies department at the BSUIR

Abstract. With the development of technology, traditional money is no longer the only means of making payments. From cryptocurrencies to stablecoins, there are many types of digital currency, each with their own unique features and functions. Digital currency has the potential to completely change the way society views money. The rise in popularity of Bitcoin and other electronic-only cryptocurrencies has prompted the world's central banks to explore how national digital currencies could work. They are designed to increase competition and stability of the financial sector in the context of the spread of digital currencies.

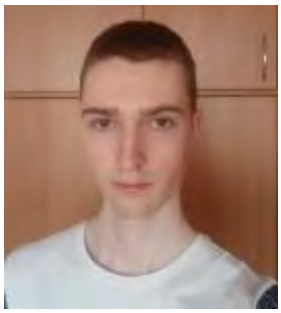
Keywords: digital currency, digital money, cryptocurrency, Bitcoin, CBDC.

УДК 004.8

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ И ПЕРСОНАЛЬНЫЕ АССИСТЕНТЫ В УПРАВЛЕНИИ ПРОЕКТАМИ

В.Ю. Красовский
Инженер-программист отдела информационных технологий
v.iu.krasovskij@bsuir.by

С.Н. Нестеренков
Декан факультета компьютерных систем и сетей, кандидат технических наук, доцент
s.nesterenkov@bsuir.by



Е.И. Баяк
Инженер-программист отдела информационных технологий
e.baiak@bsuir.by

В. Ю. Красовский
Окончил Белорусский государственный университете информатики и радиоэлектроники в 2023 году по специальности «Информатика и технологии программирования».

С.Н. Нестеренков
Кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцента кафедры программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации

Е.И. Баяк
Окончил Белорусский государственный университете информатики и радиоэлектроники в 2023 году по специальности «Информатика и технологии программирования».

Аннотация. Развитие технологий, и в частности искусственного интеллекта и персональных ассистентов, привело к значительным изменениям в мире, и одной из областей, на которые это оказало значительное влияние, является управление проектами. В современном мире использование искусственного интеллекта становится все более важным для повышения эффективности, снижению рисков и сохранению конкурентоспособности в управлении проектами.

Целью данной статьи является обзор различных способов применения искусственного интеллекта в управлении проектами, а также связанные с этим возможные затруднения.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, управление проектами, интеллектуальные личные помощники, машинное обучение, инструменты искусственного интеллекта, управление задачами, тайм-менеджмент, использование искусственного интеллекта, прогнозирование рисков, управление рисками, автоматизация задач, управление ресурсами, расстановка приоритетов задач, мониторинг производительности.

Введение. С ростом количества сложностей и увеличением размера современных проектов, управление проектами становится все более сложной задачей. Постоянные изменения требований заказчиков, увеличение объемов данных и появление новых технологий требуют новых подходов в координации и контроле проектных процессов. Таким образом остро встает вопрос оптимизации процесса управления проектами.

Искусственный интеллект может помочь повысить эффективность управления проектами, предоставляя инновационные решения, для снижения рисков, автоматизации рутинных задач, анализа различных данных, упрощения принятия решений и устранению

индивидуальных предубеждений, оптимизации расписаний на основании данных [1].

В настоящей статье рассматриваются различные способы применения искусственного интеллекта и персональных ассистентов в управлении проектами такие, как управление временем, затратами и рисками, автоматизация рутинных задач, помощь в написании и редактировании текста, генерация идей, помощь в коммуникации с заинтересованными сторонами. Рассмотрев эти аспекты, можно выяснить, как искусственный интеллект может улучшить управление проектами для достижении успеха современном мире. Также в статье рассматриваются возможные трудности, связанные с внедрением и использованием искусственного интеллекта в управлении проектами.

Актуальность данной темы обусловлена стремительным развитием технологий и их влиянием на конкурентоспособность предприятий. В современной бизнес-среде, где каждый шаг может иметь значительные последствия, внедрение искусственного интеллекта в управление проектами становится необходимостью для повышения адаптируемости и конкурентоспособности [1].

Способы применения искусственного интеллекта и персональных ассистентов в управлении проектом.

Искусственный интеллект может помочь с задачами управления проектами различными способами, однако чем сложнее задача, тем больше требуется вмешательства человека для достижения высококачественных результатов. При разделении задач для искусственного интеллекта можно выделить два основных критерия – сложность задачи и степень требуемого вмешательства со стороны человека. В зависимости от этих критериев можно выделить три уровня вмешательства искусственного интеллекта в задачи управления проектами:

1 Автоматизация. Искусственный интеллект может автоматизировать задачи низкой сложности, которые практически не требуют вмешательства человека. Примеры включают создание отчетов, анализ документов с различными типами данных, написание обобщающих заметок совещаний. Такой подход, позволяет руководителю проектов создавать стандартные запросы, которые могут использоваться в множестве проектов. Эти запросы могут использовать другие члены проекта, так как задачи такого типа обычно не нуждаются в опытных членах проекта для проверки результатов работы.

2 Помощь. На этом уровне специалисты могут использовать инструменты искусственного интеллекта в дополнение к своему анализу, получать первые наброски для рассмотрения экспертами и итеративно создавать ожидаемый результат для конкретной задачи. Примерами таких задач являются анализ рисков, анализ эффективности затрат, анализ данных для получения рекомендаций по изменению сферы применения. Конечный результат потребует умеренного вмешательства опытного специалиста по проекту, чтобы обеспечить его полноту и точность.

3 Улучшение. На этом уровне специалисты могут использовать искусственный интеллект для расширения существующих возможностей, а также исследования и развития новых возможностей. В задачах этого уровня большая часть работы выполняется специалистами по проекту и искусственный интеллект используется для получения идей и выполнения конкретных задач, путем множества взаимодействий. Такой подход помогает руководителям проектов выполнять более сложные и стратегические задачи, специфичные для организации, такие как создание бизнес-кейсов для проектов и помощь в принятии сложных решений со многими взаимозависимостями и факторами. Качество результата выполнения таких задач будет в наибольшей степени зависеть от индивидуального уровня знаний и опыта специалиста.

Внедрение искусственного интеллекта в управление проектами может повысить эффективность, автоматизировать повторяющиеся задачи и предоставить ценную

информацию. Рассмотрим частные примеры возможных областей, в которых можно использовать искусственный интеллект и персональных ассистентов:

1 Управление временем и затратами. На основании данных прошлых проектов позволяет оптимизировать расписание и распределение ресурсов, проводить подробный анализ затрат [2, 5].

2 Управление рисками. Искусственный интеллект способен анализировать и выявлять потенциальные риски, предсказывать вероятность их возникновения, а также предлагать меры по их снижению [4, 5].

3 Помощь в написании текста. Искусственный интеллект широко используется для помощи в написании, в том числе документов и электронной почты, для поддержки общих и конкретных коммуникационных задач. Его также можно использовать для генерации кода, обобщения заметок совещаний и выводов, извлеченных из прошлых проектов, а также для получения информации из неструктурированных данных.

4 Генерация идей. Искусственный интеллект может анализировать данные о текущих тенденциях и предлагать новые идеи для проектов.

5 Помощь в принятии решений. Искусственный интеллект поможет оптимизировать коммуникацию на разных уровнях, включая улучшение общения с заинтересованными сторонами, предложение вспомогательных данных, автоматизацию менее сложных коммуникационных процессов, передать правильное повествование и точку зрения в деликатных и сложных сообщениях. Он позволяет понять и учесть множество факторов и взаимозависимостей проекта в процессе принятия сложных решения. Также позволяет исключить человеческий фактор, который может повлиять на решение.

6 Разработка плана общения. Позволяет понять коммуникационные потребности заинтересованных сторон, создать план коммуникации в рамках существующего шаблона, проанализировать прошлые планы коммуникации на предмет тенденций и упущений.

7 Автоматизация рутинных задач. Искусственный интеллект позволяет оптимизировать процесс создания задач, например на основании предыдущего опыта он может предлагать дат окончания, редактирование описания задач, резюмирование или создание данных задачи.

8 Предупреждение о проблемах. С помощью искусственного интеллекта руководители проектов могут определить проблемные места и какие действия влекут негативные последствия [2].

9 Тестирование. В программных проектах искусственный интеллект может помочь в тестировании программного и графического интерфейса, например, создавая тестовые данные и сценарии [3].

Искусственный интеллект позволяет экономить время на рутинных задачах и позволяет сфокусироваться на сложно формализуемых областях [3]. Однако он не гарантирует идеальный результат работы и зачастую требует проверки специалиста.

Трудности, связанные с применением искусственного интеллекта и персональных ассистентов в управлении проектами. Хотя искусственный интеллект может привнести значительные преимущества в управление проектами, он также имеет связанные с его применением риски. Среди наиболее распространенных трудностей, возникающих при внедрении искусственного интеллекта и персональных ассистентов в управление проектами можно выделить:

1 Проблема безопасности. Внедрение искусственного интеллекта в управление проектами влечет за собой риски в области безопасности данных. Искусственный интеллект должен получать полноценные данные и недостатки в защите информации могут привести к утечкам конфиденциальных данных или злоупотреблению системой.

2 Недостаточная прозрачность работы. Иногда то, как искусственный интеллект производит решения в процессе своей работы, может быть недостаточно очевидным. Если

руководители проектов не могут понять, как искусственный интеллект делает свои прогнозы и рекомендации, это может помешать работе.

3 Зависимость от качества и количества входных данных. Искусственный интеллект хорош настолько, насколько хороша информация, которую в него подают. Если в него поступают искаженные данные или недостаточное их количество, то он может начать принимать решения, которые не соответствуют действительности проекта.

4 Сложности в интеграции и приспособлении. Интеграция искусственного интеллекта в существующие системы управления проектами может оказаться сложной задачей. Необходимость в адаптации к новой технологии и обучении персонала может вызвать затруднения и требует тщательного планирования [6].

5 Социальные последствия. Внедрение искусственного интеллекта в управление проектами также сопровождается социальными аспектами, такими как потеря рабочих мест из-за автоматизации и вопросы этического использования технологии.

Заключение. В заключение, современные технологии искусственного интеллекта и персональных ассистентов кардинально меняют подход к управлению проектами, предоставляя новые инструменты для оптимизации бизнес-процессов. Несмотря на то, что область применения этих технологий продолжает расширяться, их влияние на управление проектами уже сегодня неоспоримо.

Применение искусственного интеллекта в прогнозировании, анализе данных и системах помощи в принятии решений повышает эффективность и конкурентность организации на рынке. Однако важно учитывать и трудности, которые может представить применение искусственного интеллекта в управлении проектом. Вопросы безопасности данных, обучения персонала и интеграции существующих бизнес-процессов становятся фундаментальными аспектами успешного внедрения искусственного интеллекта в сфере управления проектами.

Таким образом, использование искусственного интеллекта и персональных ассистентов в управление проектами представляет собой ключевой элемент трансформации современных бизнес-практик в условиях постоянного развития технологий и стремительных изменений в бизнес-среде.

Список литературы

[1] Шедько, Ю.Н. Стратегическое управление проектами на основе использования искусственного интеллекта / Ю.Н. Шедько , М.Н. Власенко, Н.В. Унижаев // Экономическая безопасность, 2021 – С. 629-642.

[2] Кустова, С.Д. Искусственный интеллект в сфере управления проектами / С.Д. Кустова, С.А. Фирсова // Трансформация экономики и управления: новые вызовы и перспективы, 2021 – С. 30-36.

[3] Набиуллин, А.С. Роль искусственного интеллекта в сфере управления программными проектами / А.С. Набиуллин, Р.С. Зарипова // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах, 2020 – С. 119-121.

[4] Jesus, G. The Application of Artificial Intelligence in Project Management Research: A Review / G. Jesus, M.T. Javier, G.C. Ruben // International Journal of Interactive Multimedia and Artificial Intelligence (IJIMAI), 2021. – P. 54-66.

[5] Husson, D. Analysis and illustration of the practical impact of Artificial Intelligence and Intelligent Personal Assistants on business processes in small- and medium-sized service enterprises / Husson D., Holland A., Fathi A. // IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics (SMC), 2021. – P. 3303-3310.

[6] Fridgeirsson, T.V. An Authoritative Study on the Near Future Effect of Artificial Intelligence on Project Management Knowledge Areas./ T.V. Fridgeirsson; H.T. Ingason; H.I. Jonasson; H. Jonsdottir // Sustainability, 2021. – N13.

Авторский вклад

Красовский Владислав Юрьевич – руководство исследованием по использованию искусственного интеллекта и персональных ассистентов в управлении проектами, формирование структуры статьи, оформление статьи.

Нестеренков Сергей Николаевич – формирование темы и задач исследования по использованию искусственного интеллекта и персональных ассистентов в управлении проектами,, определение объекта и предмета исследования.

Баяк Евгений Игоревич – подготовка данных по использованию искусственного интеллекта и персональных ассистентов в управлении проектами, формирование структуры.

DEVELOPMENT OF TOOLS FOR STUDYING AND ANALYZING THE LEVEL OF FOREIGN LANGUAGE PROFICIENCY

V.I. Krasovskii
Software Engineer of the Information Technology Department

S.N. Nesterenkov
Dean of the Faculty of Computer Systems and Networks of BSUIR, PhD of Technical Sciences, Associate Professor

Y.I. Bayak
Software Engineer of BSUIR Department of Information Technology

Abstract. In the modern world leveraging power artificial intelligence has experienced a surge of impact in different fields of work. Using the capabilities of artificial intelligence, organizations can increase their efficiency, automate processes and give valuable insights to vast amounts of data. Moreover, artificial intelligence adaptability allows it to continuously evolve, offering innovative solutions to complex problems across various sectors

This article aims to review various uses of artificial intelligence and personal assistants in the project management field, their advantages and disadvantages.

Keywords: Artificial Intelligence, project management, intelligent personal assistants, machine learning, artificial intelligence tools, task management, time management, use of artificial intelligence, risk prediction, risk management, task automation, resource management, task prioritization, performance monitoring.

УДК 621.3.049.77–048.24:537.2

ТЕХНОЛОГИИ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ПРАКТИКЕ: ПРОБЛЕМЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ И АНАЛИЗ ОПЫТА ПРИМЕНЕНИЯ

А.В. Санец
Аспирант БГУИР, специальность 19.00.03 «Инженерная психология, психология труда, эргономика»
a.sanets@bsuir.by

Т.Ю. Шлыкова
Доцент кафедры ИПиЭ БГУИР, кандидат психологических наук, доцент
t.shlykova@bsuir.by

А.В. Санец

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники по специальности 1-58 01 01 «Инженерно-психологическое обеспечение информационных технологий». Область научных интересов связана с исследованием технологий дополненной реальности, изучение нейросетей и их применение в различных областях.

Т. Ю. Шлыкова

В 1999 году окончила БГПУ им. Максима Танка, дефектология (логопедия). Окончила БГПУ им. Максима Танка, аспирантура по специальности 19.00.07. «Педагогическая психология». Доцент кафедры психологии БГПУ. Заведующая кафедрой гуманитарных дисциплин ЧУО «Институт предпринимательской деятельности». Заведующая кафедрой психологии и педагогики БГАТУ. Доцент кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР.

Аннотация. В статье представлена актуальная проблема технологии дополненной реальности в контексте профессионального применения педагогами и реализации целей учебного процесса. Рассматриваются основные характеристики дополненной реальности как современной технологии и ее потенциал в расширении диапазона возможностей педагогов при решении учебных задач. Изложены основные проблемы включения технологий дополненной реальности в арсенал педагогических средств. Описан опыт применения технологий дополненной реальности в педагогической практике. Проведен анализ перспектив использования технологий дополненной реальности в целях улучшения обучения и создания интерактивных и эффективных уроков.

Ключевые слова: дополненная реальность, современные технологии, учебный процесс, обучение, образовательная среда, педагогическая практика.

Введение. Современное образование стоит перед постоянным вызовом – как сделать учебный процесс эффективным и увлекательным, который отвечает требованиям рынка труда и потребностям современных студентов. В этом контексте развитие технологий дополненной реальности (*AR*), их применение в педагогической практике представляет собой важный шаг вперед, обеспечивает расширение возможностей образовательной среды современных учреждений образования.

Дополненная реальность (*augmented reality*, *AR*) – это современная технология, которая позволяет связать реальный мир и виртуальную среду, обеспечивая их синхронное взаимодействие. С помощью технологии *AR* виртуальные объекты могут быть интегрированы в материальный мир: камера дополненной реальности с помощью *AR*-программ производит съемку реальности и ищет в ней заранее определенные целевые точки – маркеры, к которым привязаны виртуальные объекты. Технология *AR* может комбинировать виртуальные и материальные объекты, обеспечивать их взаимодействие в реальном времени и использовать трехмерные объекты. *AR* становится все более популярной технологией, которая может применяться на стационарных компьютерах, ноутбуках, портативных устройствах и в смартфонах. Приложения *AR* работают с трехмерными объектами, текстами, изображениями, видео и анимацией, сочетают их и применяют одновременно, что дает возможность пользователям свободно взаимодействовать с событиями, информацией и объектами [1].

Технологии *AR* открывают новые горизонты обучения, позволяя студентам взаимодействовать с виртуальными объектами и информацией в реальном окружении. Однако, применение *AR* также сталкивается с рядом проблем, анализ которых требуют серьезного рассмотрения. В данной статье мы проанализируем опыт использования, рассмотрим перспективы и проведем обзор проблем применения технологий дополненной реальности в педагогической практике.

Применение технологий *AR* в образовании может служить сразу нескольким целям. Они помогают студентам легко усваивать, обрабатывать и запоминать информацию. Кроме того, *AR* делает сам процесс обучения более увлекательным и живым. Технология *AR* не ограничивается определенной возрастной группой или уровнем образования и может одинаково хорошо использоваться на всех уровнях обучения - от дошкольного образования до университета или даже на работе.

Использование технологии дополненной реальности (*AR*) в школе имеет положительный эффект на качество образования, как показывают различные исследования. Например, южноамериканские ученые провели эксперимент в рамках образовательной программы по географии и обнаружили, что экспериментальная группа, которая использовала мобильное приложение с *AR*, обучалась более эффективно, лучше усваивала материал и имела более высокую успеваемость. Другое исследование было посвящено урокам математики и развитию пространственного мышления у детей, которые работали с дидактическими материалами с *AR*-метками на бумаге. Учащиеся показали существенное улучшение своих пространственных навыков и успеваемости. Эксперимент по использованию технологии *AR* на уроках биологии состоял в том, чтобы сравнить, как учащиеся воспринимают учебник с *AR*-метками и обычный учебник. Результаты выявили, что *AR*-учебник делал урок более практичным и интересным для детей. Аналогичные результаты, а также повышение успеваемости, были зафиксированы другими авторами, которые применяли мобильное игровое *AR*-приложение для изучения биологии. [3].

В образовании применяются разные элементы дополненной реальности (*AR*), которые улучшают образовательный процесс, как показывают разные исследования. Например, в эксперименте, где слушатели изучали физику с помощью *AR*-приложения, они лучше понимали предмет, имели более высокую успеваемость и были более заинтересованы и вовлечены в процесс, чем контрольная группа. Авторы исследования мотивационных и когнитивных аспектов применения технологии *AR* в учебном процессе выявили, что инструменты дополненной реальности особенно полезны для учащихся, которые имеют самую низкую успеваемость в группе. Кроме того, *AR* является очень перспективным способом для объяснения абстрактных явлений. Еще одно исследование относилось к применению системы дополненной реальности на уроках биологии. Учащиеся были поделены на три группы: дети, которые использовали A*R*-систему самостоятельно; дети,

которые использовали *AR* под руководством учителя; группа традиционного обучения. Группы сравнивались по результатам обучения, эмоциональному состоянию и полученному опыту. Эксперимент показал, что группа *AR* под руководством учителя показала лучшие результаты из трех, а группа, которая использовала *AR* самостоятельно, испытала больше положительных эмоций, чем другие. [3].

Применение технологии дополненной реальности (*AR*) в высшем образовании, показывает, что эта технология имеет высокий потенциал по различным направлениям. К примеру, применение технологий дополненной реальности в обучении китайскому языку демонстрирует, что использование *AR* способствует ускорению процесса написания первого параграфа на китайском языке и освоению китайского письма студентами [4]. Согласно Российским исследованиям, из РГПУ им. А. И. Герцена с помощью технологий дополненной реальности успешно сказалось на обучении студентов из Китайской Народной Республики. Показано, что случайным образом выбранная группа студентов (экспериментальная) статистически значимо не отличающаяся от контрольной группы по знанию русского языка, доминирующей перцептивной модальности, уровню притязаний, а также успешности обучения, при дистанционном обучении по текущему разделу учебной дисциплины на платформе *LMS Moodle* с предъявлением учебного материала с помощью элементов дополненной реальности демонстрирует достоверно более высокие показатели успешности освоения материала, чем группа, обучающаяся на той же платформе по той же программе, но без использования элементов дополненной реальности. Значимые различия в успешности усвоения материала студентами установлены между группами только во время эксперимента [2].

Применение технологий дополненной реальности (*AR*) в педагогической практике предлагает огромные перспективы для улучшения обучения и создания интерактивных и эффективных уроков. Вот некоторые из перспектив применения *AR* в педагогической практике.

Визуализация сложных концепций. *AR* позволяет визуализировать абстрактные или сложные концепции, что делает их более понятными для студентов. Например, студенты могут использовать *AR* для исследования атомной структуры в химии или изучения сложных математических моделей. Это позволяет студентам более глубоко понять и запомнить материал. 2. Интерактивность и участие в процессе обучения: *AR*-технологии позволяют студентам активно взаимодействовать с учебным материалом и становиться его частью. Например, студенты могут создавать и настраивать 3D-модели или решать задачи в *AR*-пространстве. Это способствует более глубокому вовлечению и активности студентов.

Индивидуализированное обучение. *AR* позволяет создавать персонализированные уроки и обучающие программы, адаптированные к потребностям и уровню каждого студента. Учителя могут создавать разнообразные уроки и задания, основанные на *AR*, которые помогают студентам изучать материал в соответствии с их собственными темпами, стилями обучения и уровнями понимания.

Развитие ключевых навыков. Использование *AR* стимулирует развитие различных навыков, таких как критическое мышление, проблемное решение, творческое мышление и коллаборация. Студенты могут работать в группах или индивидуально, чтобы решить задачи и преодолеть препятствия в *AR*-пространстве, что развивает у них навыки, необходимые для успешной адаптации в современном обществе.

Расширение границ учебного пространства. *AR* позволяет расширить учебное пространство за пределами стен класса. Студенты могут использовать *AR* для виртуальных экскурсий, приобретения знаний о различных странах и культурах, а также для экспериментов и исследований в разных областях знания. Это помогает стимулировать любопытство и исследовательский подход к обучению [5],[6].

Использование технологий дополненной реальности в педагогической практике предоставляет уникальные возможности для учебного процесса. AR позволяет создать интерактивные, наглядные и индивидуализированные уроки, стимулирующие учеников к активному и глубокому обучению. Эти перспективы могут привести к более эффективному образованию и более подготовленным студентам. Однако, наряду с перспективами, существуют и некоторые проблемы, которые могут возникнуть при использовании *AR* в образовании, при попытках включения технологий дополненной реальности в арсенал педагогических средств.

Подготовка педагогов. Внедрение *AR* в учебный процесс требует от педагогов освоения новых навыков и знаний. Многие учителя могут испытывать трудности с обучением себя использованию *AR*-технологий и интеграции их в учебные программы. Необходимо обеспечить подготовку и поддержку педагогов для успешного использования *AR* в педагогической практике. Необходимо активно работать над решением этих проблем, чтобы максимально использовать потенциал технологий *AR* в педагогической практике. Обучение педагогов и создание доступного и качественного контента, а также обеспечение безопасности и конфиденциальности данных, являются важными шагами в развитии успешной практики применения *AR* в образовании.

Финансовые аспекты. Для использования *AR* в образовании необходимо иметь доступ к соответствующему оборудованию и программному обеспечению. Это может включать смартфоны, планшеты, компьютеры или специальные *AR*-устройства. Приобретение такого оборудования может быть дорогостоящим, особенно для школ или учебных заведений с ограниченными бюджетами.

Технические проблемы. Использование *AR* требует хорошей сетевой связи и высокой производительности устройств. Медленное соединение или низкая производительность устройств может привести к некорректной работе *AR* и снижению эффективности урока. Также стоит учитывать, что *AR*-приложения могут подвергаться обновлениям и не всегда совместимы со всеми устройствами.

Ограниченный контент. На данный момент рынок *AR*-контента для образования все еще относительно ограничен. Доступность актуального и качественного контента для широкого спектра предметов и уровней образования ограничен. Это может затруднить педагогов в поиске подходящего *AR*-материала для своих уроков.

Проблемы, связанные с приватностью и безопасностью. Использование *AR*-технологий может вызвать проблемы с конфиденциальностью и защитой личных данных студентов. Педагоги должны обеспечить безопасность и конфиденциальность данных при использовании *AR* в учебных целях [7].

Заключение. Решение описанных проблем позволит максимально использовать потенциал технологий *AR* в педагогической практике. Обучение педагогов и создание доступного и качественного контента, а также обеспечение безопасности и конфиденциальности данных, являются важными шагами в развитии успешной практики применения *AR* в образовании. Работа по преодолению вышеописанных трудностей, связанных с профессиональным использованием *AR* педагогами, существенно изменит качественные характеристики педагогического процесса и обеспечит расширение возможностей образовательной среды учреждений образования.

Список литературы

[1]. Технологии дополненной реальности в сфере образования | Детский Технопарк Ивановской области Кванториум «Новатория» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://kvantorium37.ru/texnologii-dopolnennoj-realnosti-v-sfere-obrazovaniya (Дата обращения: 25.12.2023).

[2] Дополненная реальность в практике повышения успешности обучения студентов из китайской народной республики [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://cyberleninka.ru/article/n/dopolnennaya-realnost-v-praktike-povysheniya-uspeshnosti-obucheniya-studentov-iz-kitayskoy-narodnoy-respubliki (Дата обращения: 03.01.2024).

[3] Использование виртуальной (vr) и дополненной (ar) реальностей в современном школьном образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-virtualnoy-vr-i-dopolnennoy-ar-realnostey-v-sovremennom-shkolnom-obrazovanii (Дата обращения: 05.01.2024).

[4] Exploring the effectiveness of integrating augmented reality-based materials to support writing activities [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/316593194_Exploring_the_effectiveness_of_integrating_augmented_reality-based_materials_to_support_writing_activities (Дата обращения: 05.01.2024).

[5] Перспективы и возможности применения инновационных интерактивных технологий: дополненная реальность в обучении студентов в высших учебных учреждениях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/perspektivy-i-vozmozhnosti-primeneniya-innovatsionnyh-interaktivnyh-tehnologiy-dopolnennaya-realnost-v-obuchenii-studentov-v (Дата обращения: 05.01.2024).

[6] Применение технологий виртуальной и дополненной реальности в образовательном процессе: проблемы и перспективы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=1779 (Дата обращения: 05.01.2024).

[7] Дополненная реальность как инновационная технология образовательного процесса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://cyberleninka.ru/article/n/dopolnennaya-realnost-kak-innovatsionnaya-tehnologiya-obrazovatelnogo-protsessa (Дата обращения: 15.01.2024).

Авторский вклад

Авторы внесли равноценный вклад в написании статьи

AUGMENTED REALITY TECHNOLOGY IN PEDAGOGICAL PRACTICE: PROBLEMS, PROSPECTS AND ANALYSIS OF APPLICATION EXPERIENCE

A.V. Sanets
postgraduate student of BSUIR in specialty 19.00.03 «Engineering psychology, work psychology, ergonomics»

T.Y. Shlykova
Assistant professor of the department EPE BSUIR, Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor

Annotation. The article presents the current problem of augmented reality technology in the context of professional use by teachers and the implementation of the goals of the educational process. The main characteristics of augmented reality as a modern technology and its potential in expanding the range of capabilities of teachers in solving educational problems are considered. The main problems of incorporating augmented reality technologies into the arsenal of pedagogical tools are outlined. The experience of using augmented reality technologies in teaching practice is described. An analysis of the prospects for using augmented reality technologies to improve learning and create interactive and effective lessons was carried out.

Key words: augmented reality, modern technologies, educational process, training, educational environment, teaching practice.

УДК 004.89 + 372.881.111.1

ЛИНГВОДИДАКТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ В ПРЕПОДАВАНИИ АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА

К.В. Андренко
Студентка 4 курса
факультета иностранных
языков БрГУ имени А.С.
Пушкина
ksenia.andrenko2002@gmail.com

К.В. Андренко
Обучается в Брестском государственном университете имени А.С. Пушкина. Область научных интересов связана с освоением больших языковых моделей в контексте обучения иностранным языкам.

Аннотация. В данной работе рассматриваются большие языковые модели как качественно новый компонент современной лингвокультурной среды в эпоху больших данных. Анализируются лингводидактические возможности и ограничения больших языковых моделей в педагогической системе, изменения в структуре образовательного процесса, вызванные их внедрением. Аргументируются неизбежность и необходимость применения больших языковых моделей в контексте обучения иностранному языку.

Ключевые слова: большая языковая модель, большие данные, лингводидактика, иностранный язык.

Введение. В условиях цифровой трансформации общества технологии искусственного интеллекта оказывают большое влияние на все сферы жизни, включая образование. Современные системы искусственного интеллекта, основаны на больших языковых моделях (*Large Language Models*, *LLM*), получаемых в результате глубокого обучения искусственных нейронных сетей. Основой и функциональным назначением *LLM* является язык, как универсальная связующая основа любых проявлений культурной активности человека. Осуществляемая *LLM* автоматическая обработка языка (в его грамматической и лексической составляющих) реализуется посредством технологий глубокого обучения (*Deep Learning*, *DL*) на огромных массивах оцифрованных текстов. С одной стороны, наличие больших данных (*Big Data*, *BD*) стало необходимой предпосылкой создания *LLM*. Большие данные современной эпохи характеризуются огромным объемами, которые уже несоизмеримы с возможностями человека, но продолжают быстро расти вместе с ростом многообразия, связности, изменчивости данных [1]. С другой стороны, адекватный ответ на вызов генерируемых в современной техносфере *BD* (огромных, многообразных, стремительно растущих и непрерывно меняющихся), может быть дан только с помощью языковых машин нового поколения, представителем которых и являются *LLM*. В широком лингвокультурном контексте роль и значение *LLM* может быть понята по аналогии с ролью и значением письменности, ставшей ответом на взрыв сложности в процессе формирования цивилизаций и их необходимой инфраструктурной составляющей. То, что широчайшая область применения

LLM определяется универсальностью лежащего в их основе языка, с неизбежностью, актуализирует проблематику системного влияния *LLM* на современное языковое образование [2].

Понимание *LLM*. Большие языковые модели – феномен, характеризующийся большим количеством интерпретаций. Так, *LLM* могут быть поняты как нейросетевые предварительно обученные на большом объеме данных лингвистические модели, которые способны генерировать тексты на естественном языке. В то же время, и как алгоритм искусственного интеллекта, основанный на методах глубокого обучения и использующий большие объемы данных для обработки и генерации текста. В контексте технических наук, *LLM* – компьютерная программа, основанная на алгоритмах глубокого обучения, которая способна анализировать и обрабатывать большие объемы текстовых данных для понимания и генерации текста. Большая языковая модель может рассматриваться и как система искусственного интеллекта, которая использует методы глубокого обучения и большие наборы данных для обработки и генерации текста, способная имитировать человеческий язык.

Большие языковые модели характеризуются большим количеством параметров – переменных, изменяющихся в ходе обучения. Считается, что языковая модель является большой если содержит больше одного миллиарда параметров. Количество параметров определяет возможности модели: чем их больше, тем разнообразнее круг решаемых задач: распознавание, перевод, прогнозирование или генерация текста.

Необходимо отметить, что в образовательном контексте математические и программно-аппаратные особенности *LLM* правомерно опустить, акцентируя внимание на их коммуникационной функциональности (рассматривать *LLM* в парадигме «черного ящика»). Здесь важно отметить следующее:

1 *LLM* поддерживают вербальную коммуникацию на множестве национальных языков в письменной и устной формах, что делает общение с ними простым и общедоступным.

2 *LLM* демонстрируют высокие результаты в решении многих языковых задач (диалоговой коммуникации, генерации синтаксически и семантически правильного текста, суммаризации, межязыкового перевода, стилизации и атрибуции текста).

3 *LLM* достигли коммуникативного уровня, который настолько близок к человеческому, что часто неразличим самим человеком и пока нет надёжных технических средств определения сущности виртуального собеседника.

4 *LLM* реализуют значимую функциональность и ряд способностей (например, перевода текста с одного языка на другой), которые не планировались и специально не реализовывались, но оказались полной неожиданностью даже для создателей и разработчиков генеративных нейросетевых технологий.

5 *LLM* быстро меняются и совершенствуются в процессе обучения, в том числе в контексте диалогов с пользователями.

6 *LLM* способны к обобщению и творчеству, которые выходят за рамки обучающих данных (эмерджентность) [3].

Наиболее важной особенностью в педагогическом контексте является частичная непредсказуемость и ненадёжность результатов. Все *LLM* допускают ошибки, склонны к «галлюцинациям» (конструированию воображаемых фактов и оперированию с ними, как с реальными). Эта проблема до сих пор не имеет строгого научного объяснения и не может быть в полной мере предотвращена с помощью технических средств без существенного ущерба для коммуникации [4].

Настороженность преподавателей к *LLM* усиливается в результате возможных дидактических неудач в их практическом применении на фоне распространения случаев

симуляции студентами выполнения учебных поручений с помощью *LLM*. Это служит серьёзным основанием для того, чтобы воздержаться от использования *LLM* в учебном процессе или отложить их применение в интересах стабильности сложившихся образовательных практик. Критическое отношение к применению *LLM*-сервисов в учебном процессе несомненно полезно тем, что вскрывает и тем самым позволяет устранить уязвимости и ограничения актуальных версий больших языковых моделей.

Системность лингводидактического потенциала *LLM*. *LLM*-сервисы можно отнести к «подрывным инновациям». Позиция осторожного отношения и даже отвержения *LLM* вполне понятна, объяснима и оправдана в контексте отношения к ним, как к неожиданному случайному изобретению, которое вносит беспорядок в хорошо налаженную систему. Реальные образовательные риски и проблемы, связанные с применением *LLM*-сервисов, усложняются отсутствием их должного педагогического осмысления и апробированных технологии обеспечения их безопасного использования.

Однако, наше время таково, что педагогическая наука в своей классической парадигме не в состоянии поспеть за осмыслением стремительно меняющейся образовательной реальности. Быстрые и глубокие перемены современной образовательной среды нельзя остановить, а откладывать их педагогическое освоение сопряжено с фундаментальными рисками. В полной мере это относится и к феномену *LLM*-сервисов, которые активно, изобретательно и успешно используются и осваиваются студентами, не только в решении повседневных и творческих задач, но и как инструмент выполнения учебных поручений в контексте получения языкового образования.

Ответственное преподавание иностранных языков предполагает понимание, как и с помощью чего студенты получают новые возможности в выполнении учебных заданий. Это существенно важно для корректировки самих заданий, а также средств и способов контроля за их выполнением. Это важно и для дидактически значимого руководства в применении новых средств обучения иностранным языкам.

LLM-сервисы как принципиально новые средства обучения оснащены речевым интерфейсом, обеспечивающим голосовое взаимодействие с пользователем, как уже упоминалось на множестве национальных языков в письменной и устной формах. Модель способна быстро переключаться с одного языка на другой. Мультимодальность подразумевает использование нескольких модусов (средств информации) для создания единого культурного артефакта. В эпоху распространения цифровых технологий это происходит в результате сдвига от изолированного текста как первичного источника информации к более частому использованию образа. Помимо этого, *LLM* обеспечивают персонализацию: модель способна адаптироваться к уровню и особенностям пользователя, учитывать экстралингвистический контекст. *LLM*-сервисы просты в использовании: они обладают интуитивно понятным интерфейсом, к тому же способны сами быть источником информации о взаимодействии с собой же. Нельзя не отметить доступность *LLM*-сервисов. Новые средства являются универсальными в силу универсальности языка.

В контексте неизбежного применения *LLM*-сервисов в качестве средств обучения придется существенным образом обновить учебный и контрольный материал в целях адаптации его к новой лингвокультурной и образовательной реальности. Следует отметить, что необходимую помощь в этом окажут сами *LLM*-сервисы, с помощью которых преподаватель может эффективнее решать многие задачи профессионального плана. В частности, по запросу *LLM* легко и быстро могут сгенерировать учебные задания, подобрать примеры, дать объяснение материала с учетом возраста и подготовки адресата, составить контрольный тест, разработать дидактический кроссворд, проиллюстрировать учебный материал и много другое.

Также происходит изменения и в видах речевой деятельности. Помимо стандартных слушания (аудирования), говорения, чтения и письма, добавляется новый: коммуникация

с *LLM*. Так, появляется необходимость качественной коммуникации с умными вещами – новая цель языкового образования и новое содержание: умение спрашивать и получать помощь – качественно персонализировать *LLM* в соответствии со своими нуждами.

Эпоха *Big Data* предъявляет к современному преподавателю очень высокие требования. Преподаватель не всегда в состоянии выполнить всё то, что выражается категорией долженствования по отношению к нему. *LLM* может и должен стать тем необходимым ассистентом преподавателя, в коммуникации с которым он сможет эффективно решать свои профессиональные задачи. Вместе с тем, следует воздерживаться от всё чаще встречающегося наделения *LLM* субъектностью [5]. И лингвистически, и педагогически существенно важно понимать *LLM* только как персонажа (актора, агенса), но не субъекта образовательного процесса [6]. Это купирует угрозы, вызванные внедрением *LLM* в процесс обучения (галлюцинации, использование непроверенной информации из открытых источников в интернете), позволяет экспериментировать (модель не относится к человеку ни положительно, ни отрицательно, не осуждает, позволяя вести диалог в более расслабленной форме), формирует компетенции коммуникации и воспитывает ответственность, интернальность (локус контроля – понимание, что поведение и реакции личности зависят от нее самой, а не от других людей или внешних обстоятельств) и ассерсивность – умение выражать свои мысли и чувства, не нарушая права других людей, и тем самым избегать конфликтов и недоразумений – в контексте осторожности в обращении.

LLM, как технологическая основа современных систем искусственного интеллекта быстро встраивается в самые различные сервисы и системы, от производственных, научных и управленческих, до бытовых и развлекательных. Сегодняшние студенты будут жить в социуме, где непосредственное межличностное общение станет роскошью, и значимая часть коммуникации будет реализовываться с умными вещами. Диалоги с умными вещами уже становятся значимой или даже ведущей формой коммуникации. Эффективность такой коммуникации определяется наличием у человека особенных языковых компетенций, что требует осмысления и отражения в целеполагании преподавания языка. Эффективная подготовка их к новой коммуникативной реальности является ответственностью системы образования и может быть реализована только посредством дидактически выстроенного практического опыта диалогов с *LLM*-сервисами.

Заключение. Таким образом, формирование компетенций эффективной коммуникации с виртуальными собеседниками становится важной частью содержания профессионально-ориентированного обучения иностранным языкам и одной из его значимых целей. *LLM* будут непременно использоваться обучающимися в решении их разнообразных коммуникативных задач в качестве такого инструмента, наличие и функциональность которого следует обязательно учитывать в постановке педагогических целей обучения языку и дидактических задач, посредством решения которых эти цели будут реализовываться.

LLM являются серьезным вызовом сложившимся реалиям в самых разных областях и сферах деятельности человека. В связи с этим они привлекают внимание и вызывают живой интерес в различных социальных группах, становятся популярной темой профессионального дискурса и повседневного общения. Использование тематики *LLM* в образовательном контексте может повысить профессиональную (прагматическую) мотивацию в достижении непосредственных учебных целей освоения иностранного языка.

Вместе с тем, не подвергается сомнению определяющая роль личности педагога в обучении иностранному языку и значимость педагогического наследия, воплощенных традиционных методах, формах и средствах преподавания. Отметим, что с этим

«согласны» и сами *LLM*. В последних обновлениях *LLM*-сервис *Copilot* стал обращать внимание пользователей на данную особенность: «Пожалуйста, имейте в виду, что я – инструмент для самостоятельного изучения, и моя помощь может быть дополнительной к традиционным методам обучения, таким как занятия с преподавателем или использование учебников».

Список литературы

[1] Kitchin, R., & McArdle, G. What makes Big Data, Big Data? Exploring the ontological characteristics of 26 datasets. Big Data & Society, 3(1). 2016 [Electronic resource]. URL: https://doi.org/10.1177/2053951716631130. – Date of access: 31.01.2024.

[2] Концевой, М.П. Лингводидактический потенциал больших языковых моделей в языковом образовании // Формирование межкультурной компетентности в учреждениях высшего образования при обучении языкам : сб. мат. XX Респ. науч.-практ. семинара, Гродно, 23.11.2023 г. – Гродно : ГрГМУ, 2023. – С. 428–431.

[3] Ananthaswamy, A. New Theory Suggests Chatbots Can Understand Text [Electronic resource] / A. Ananthaswamy // Quantamagazine [Artificial Intelligence]. – 22 Jan 2024. – Mode of access: https://www.quantamagazine.org/new-theory-suggests-chatbots-can-understand-text-20240122/ – Date of access: 29.01.2024.

[4] Guerreiro, N. M. Hallucinations in Large Multilingual Translation Models [Electronic resource] / N. M. Guerreiro and etc. // arXiv:2303.16104v1. – 28 Mar 2023. – Mode of access: https://arxiv.org/pdf/2303.16104.pdf. – Date of access: 30.01.2024.

[5] Андренко, К. В. Языковые механизмы персонификации виртуального собеседника /К. В. Андренко // Люди речисты-II : материалы Междунар. молодежной науч.-практ. блог-конф., Ульяновск, 23-30.04.2023 г. – Ульяновск: УлГПУ, 2023. – С. 6–11.

[6] Andrenko, K. V. LLM as a personification of the linguistic subject // Молодость. Интеллект. Инициатива: материалы XI Межд. науч.-практ. конф. студентов и магистрантов. – Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2023. – Т. 1. – С. 245–246.

LINGUODIDACTIC POTENTIAL OF LARGE LANGUAGE MODELS IN ENGLISH LANGUAGE TEACHING

K.V. Andrenko
4th year student of the Faculty of Foreign Languages, BrSU named after A.S. Pushkin

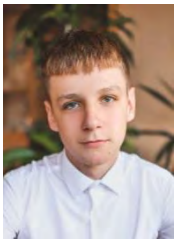
Abstract. This paper considers Large Language Models as a qualitatively new component of modern linguocultural environment in the era of Big Data. The linguodidactic possibilities and limitations of Large Language Models in the pedagogical system, changes in the structure of the educational process caused by their introduction are analysed. The inevitability and necessity of Large Language Models application in the context of foreign language teaching are argued.

Keywords: Large Language Model, Big Data, linguodidactics, foreign language.

UDC 004.946

HEXAGONAL STRATEGY IN VR GAMING: A CHESS-INSPIRED APPROACH

N.A. Avchinnikov
Student of the National Children's Technopark, student of the Gymnasium No. 3 of Mogilev



M.C. Zamatay
Student of the National Children's Technopark, student of the School No. 7 of Volkovysk

M.S. Ilyasova
Assistant Professor, Department of Engineering Psychology and Ergonomics BSUIR, M.Sc.
m.iliasova@bsuir.by

P.V. Usenko
Software engineer, Department of Engineering Psychology and Ergonomics BSUIR, M.Sc.
f.usenko@bsuir.by

A.M. Prudnik
Associate Professor, Department of Engineering Psychology and Ergonomics BSUIR, Ph.D.
aleksander.prudnik@bsuir.by

N.A. Avchinnikov
Studies at gymnasium No. 3 in Mogilev. The area of scientific interest is virtual and augmented reality technologies.

M.S. Zamatay
Studies at secondary school No. 7 in Volkovysk. The area of scientific interest is the development of virtual and augmented reality applications.

M.S. Ilyasova
Earned her bachelor's degree from the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, then proceeded to obtain a Master's degree, marked by the successful defense of her thesis. Her academic focus is on the intersection of Information Technology and Industrial Psychology.

P.V. Usenko
Upon graduating from the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics with a bachelor's degree, he advanced his education by securing a Master's degree, highlighted by the defense of his thesis. His scholarly interests are rooted in the fields of Information Systems, with a specific focus on user modeling and interface development.

A.M. Prudnik
Graduated from the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. The area of scientific interest is related to human-computer interaction, information system interfaces, user interfaces, and front-end web development.

Abstract. The objective of the research was the development and evaluation of a virtual reality application, specifically a strategy game set on a hexagonal field. This game, reminiscent of chess, was conceptualized with the intention of augmenting the strategy genre and fostering the development of decision-making skills among players. The game unfolds on a hexagonal field, introducing a unique spatial element to strategic planning. It

incorporates elements characteristic of chess, including strategic planning, and the concepts of defense and attack. Players are required to think ahead, anticipate their opponent's moves, and devise strategies for both defense and attack. This interactive and immersive environment deepens the strategic experience, providing a platform for players to develop their decision-making skills. The development process encompassed the selection of appropriate tools, creation of 3D models of environments and characters, and the establishment of a development environment for the integration of these models. The mechanics of the game were implemented, and the project underwent rigorous testing. The outcomes of this research include the successful development of a unique strategy game that leverages virtual reality technology, and the evaluation of its effectiveness in augmenting the strategy genre and fostering decision-making skills among players. The results achieved and the solutions implemented were meticulously documented in a comprehensive report. This work contributes to the field of computer science by demonstrating the practical application of virtual reality technology in the context of strategic games.

Keywords: virtual reality, strategic game, game theory, strategic thinking, resource management, decision-making, cognitive perception, intellectual skills, immersive experiences, dynamic environment, uncertainty, analysis, forecasting.

Introduction. In the rapidly evolving landscape of Virtual Reality (VR), the integration of this technology into various facets of our lives offers unique opportunities for devising innovative research methodologies. This paper presents the project of a Strategic Game in VR, which aims not only to create an immersive gaming environment but also to provide a platform for analyzing the influence of virtual environments on strategic thinking and decision-making processes.

The utilization of VR as a platform for strategic games is an emerging research area. These strategies enable a reevaluation of the interaction experience within virtual space. The gameplay is predicated on the principles of strategic thinking and resource management. Each player's move is analyzed within the framework of game theory, facilitating the assessment of both immediate and long-term effects of strategic decisions. This game offers a comprehensive platform for studying the impact of virtual strategic scenarios on the enhancement of intellectual skills and decision-making in uncertain situations.

Furthermore, the project fosters a learning environment that encourages the development of strategic skills such as analysis, forecasting, and decision-making under conditions of limited information. In this project, VR serves as a tool that broadens cognitive perception capabilities and cultivates the application of strategic thinking in a dynamic environment.

Overview of the Current Practice and Potential of Combining Virtual Reality and Strategy Games. VR applications offer various forms of entertainment and learning, ranging from simulations to puzzles [1, 2, 3]. Among them, strategy games are a popular genre that allows users to experience immersive and interactive gameplay in VR [4, 5]. This paper aims to analyze several VR strategy games and their features, as well as the factors that influence the demand for such games.

Strategy games are games that require planning, decision making, and resource management to achieve a certain goal. They often involve elements such as combat, exploration, and diplomacy. In VR, strategy games can leverage the capabilities of VR devices to create realistic and engaging scenarios that challenge the user's spatial and strategic thinking [6]. Some examples of VR strategy games are *I Expect You To Die*, a puzzle game where the user plays as a secret agent; and *Brass Tactics*, a real-time strategy game where the user commands an army of steampunk units.

To analyze the VR strategy games, we will use the following criteria:

– Material interaction, which involves interacting with physical objects that are digitally augmented or connected.

– Cooperative interaction, which involves collaborating with other users or artificial intelligence agents.

– Multimodal interaction, which involves using multiple input modes at the same time, such as voice and gestures.

– Hybrid interaction, which combines several of the above methods to provide the most immersive experience.

These criteria will help us evaluate how VR strategy games use VR technology to create interactive and immersive gameplay, as well as how they develop the user's cognitive skills.

The demand for VR strategy games is influenced by several factors, such as the availability and quality of VR devices, the investments and support from leading gaming companies, and the content and design of VR strategy games. We will examine how these factors affect the market dynamics and user preferences for VR strategy games, and how the developers can adapt their products to meet the user requirements and expectations.

We expect that the demand for VR strategy games will continue to grow as VR technology improves and the VR content becomes more diverse and innovative [8]. We also expect that the VR strategy games will have a positive impact on the VR application market, as they provide a unique and compelling form of entertainment and learning.

Development Tool Selection. Before the development of the VR strategy game on a hexagonal field, careful consideration was given to the selection of development tools. This crucial step set the foundation for the subsequent stages of the project.

Unity was selected due to its robust toolset, cross-platform capabilities, and compatibility with multiple VR devices. Unity's intuitive GUI, comprehensive resources, and active developer community facilitate VR learning and development. As the project expanded, Unity's robust architecture ensured scalability without compromising performance.

C# was chosen for scripting in Unity. As a statically typed language, C# facilitates error detection and performance optimization, crucial for VR applications. Its broad developer community provides a rich knowledge base and resources, accelerating development. Being cross-platform, C# enables the creation of applications for various platforms, providing flexibility and wider audience reach.

Blender was utilized for the creation of 3D models due to its comprehensive suite of tools for 3D graphics, cost-effectiveness, and compatibility with other software. Its support for various data formats allows seamless integration with Unity, streamlining the workflow. Python, Blender's official language for extensions and scripts, enables custom tool creation and process automation. Blender's various rendering engines facilitate the creation of high-quality renders, crucial for VR applications. In essence, Blender's extensive functionality and open-source nature make it an ideal choice for this project.

Purpose of the Research. The primary aim of this research is to create a unique and innovative platform that enhances decision-making skills through a strategic game on a hexagonal field. An additional goal is to enrich the strategy genre by leveraging the new opportunities provided by VR, thereby deepening the strategic experience.

During the research process, the following issues need to be identified and addressed:

– Define the requirements for a reality visualization application in the context of a strategy game.

– Identify a set of interactive elements to be incorporated into the application to increase user engagement and improve decision-making skills.

Application Development. The gameplay of a VR application, designed as a strategic and educational game, can be segmented into several stages. The user materializes in a thematic room, adjacent to a table featuring a hexagonal field. During this phase, the user becomes familiar with the environment, as well as the characters and tokens that will be utilized throughout the game (Figure 1).

Figure 1 represents a VR environment designed for a strategy game. The setting is reminiscent of a medieval room, characterized by stone walls and floors. The room is equipped with two tables, one of which is set up for chess gameplay, signifying the gaming area. The other table, although vacant, is highlighted by overhead lighting. The room also features arched

wooden shelves embedded into the stone walls, providing a sense of authenticity to the medieval theme. The lighting conditions are dim, with spotlights strategically placed over the tables, thereby creating an intense and focused gaming atmosphere. This immersive and atmospheric setting is anticipated to enhance the strategic elements of the VR game, offering players a unique and engaging gaming experience. The development of such an environment underscores the potential of VR in transforming traditional game formats into more immersive experiences.

Figure 1. Location: A Medieval-Themed Room Designed for the VR Strategy Game

Characters. The figures in the game are designed in a low poly style, which is a technique that uses a limited number of polygons to represent shapes (Figure 2). This style is often used in 3D modeling and animation for its simplicity and efficiency, and it gives the figures a stylized, abstract look that is both modern and visually striking.

The Pyromancer is depicted as a mysterious figure in golden robes, with a hood that obscures the face. The orange glow of the staff it holds adds a dynamic element to the figure, highlighting the Pyromancer's elemental power. The Cleric is portrayed as a wise and serene figure in white robes, with an orange collar peeking out from underneath. The blue orb it holds contrasts with the overall color scheme, drawing attention to the Cleric's magical abilities. The Samurai is represented as a disciplined warrior in traditional attire, complete with a conical hat and a sword. The figure's pose suggests readiness for combat, emphasizing the Samurai's martial prowess.

Overall, the low poly style, combined with the distinct color schemes and poses of each figure, creates a visually appealing and immersive gaming experience. The figures are not only functional game pieces but also integral parts of the game's aesthetic and narrative. They are drawn with a level of detail that brings out their unique characteristics while maintaining the minimalist appeal of the low poly style. This style contributes to the game's overall visual identity and enhances the player's engagement with the game world.

Figure 2. Low Poly Character Design: The Pyromancer, Cleric, and Samurai

The user is then introduced to the hexagonal field. This unconventional field shape was chosen due to its complexity: hexagons offer a greater variety of moves on the field compared to a standard square grid. The unique combinations offered by the hexagonal shape allow for more directions and combinations for placing pieces on the field (Figure 3).

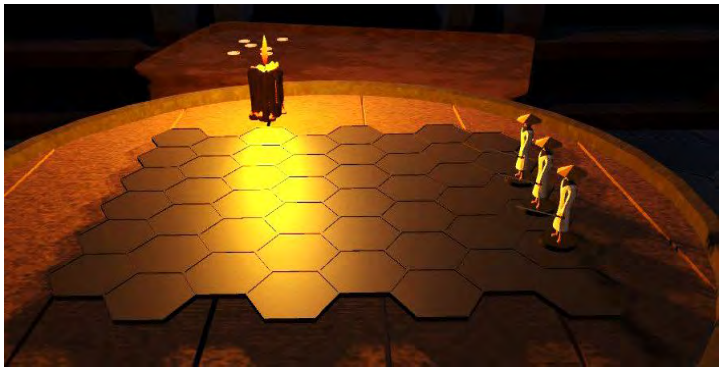


Figure. 3. Playing Field: A Hexagonal Battlefield for a Game

Subsequently, the user employs tokens to spawn characters on the playing field. At this juncture, the user becomes acquainted with the mechanics of character spawning, the limitations of their placement, and the turn-based nature of the game.

The following stage involves the movement and attack of characters. During this phase, the user learns about the varying ranges of character movement and attack. Movement and attack are executed by maneuvering the characters via VR (Figure 4). When an allied character moves to a tile occupied by an enemy character, an attack is initiated. This stage necessitates strategic and logical thinking from the user (Figure 5).

Having familiarized themselves with the hexagonal field, the token system, and the basic mechanics of character movement and attack, the user is now ready to delve deeper into the strategic aspects of the game. The following section elucidates the specific rules governing the game, providing a comprehensive understanding of the gameplay dynamics. These rules encompass the unique attributes and abilities of each character type (Pyromancer, Cleric, Samurai), the health management system, and the conditions for victory. By mastering these rules, the user can effectively strategize and make informed decisions during gameplay, enhancing their overall gaming experience.

Figure 4. Character Movement

Figure 5. Gameplay

Let's proceed to the detailed game rules.

1 Start the Game: Initialize a 7x7 hexagonal game board.

2 Each player has 4 identical tokens.

3 All pieces start with 100% health.

4 Player 1's Turn Begins:

- Player 1 chooses a token.
- Player 1 chooses a piece type (Pyromancer, Cleric, Samurai).
- Player 1 places the chosen piece on the board within 2 hexagons from their edge.

5 Player 1 Moves a Piece:

- Player 1 chooses a piece to move.
- The piece moves according to its type. Samurai and Cleric can move 2 hexagons. Pyromancer can move 1 hexagon.

6 Player 1 Performs an Action:

- Player 1 chooses a piece to perform an action.
- If the piece is a Samurai or Pyromancer, it attacks an opponent's piece. The attacked piece's health decreases by 25%.
- If the piece is a Cleric, it heals an allied piece. The healed piece's health increases but cannot exceed 100%.

7 Player 2's Turn Begins:

- Player 2 chooses a token.
- Player 2 chooses a piece type (Pyromancer, Cleric, Samurai).
- Player 2 places the chosen piece on the board within 2 hexagons from their edge.

8 Player 2 Moves a Piece:

- Player 2 chooses a piece to move.
- The piece moves according to its type. Samurai and Cleric can move 2 hexagons. Pyromancer can move 1 hexagon.

9 Player 2 Performs an Action:

- Player 2 chooses a piece to perform an action.

10 Check Game Status: If a player has no pieces left on the board, the game ends. The other player wins. If not, return to step 4.

This sequence provides a high-level overview of the game flow and can be used as a basis for a flowchart. Please note that this sequence does not include all the details. These details would need to be added to the flowchart as necessary. Also, this sequence assumes that players can only use one token, move one piece, and perform one action per turn. If your game allows multiple actions per turn, you would need to adjust this sequence accordingly.

The game mechanics of the VR application, a strategic game on a hexagonal field, foster user engagement and motivation in the following ways:

- Learning through interaction.
- Unconventional gameplay.
- Achievement and reward.

Learning through interaction implies that users learn and develop through active engagement with the virtual world. They utilize strategic warfare techniques, which enables them to apply and enhance their skills. The unconventional gameplay stems from the varying outcomes of each game, due to the different ratios of available characters, as well as the user's experience and skill level. Achievement and reward suggest that with each victory, the player derives satisfaction from a tangible improvement in their skills, and each victory is recognized by the application itself.

As a result of learning through the application, users exhibit a significant enhancement in skills and knowledge in the realm of strategies. The application's gameplay ensures constant user interaction with the virtual world, promoting active learning and development. Users learn to apply a range of skills and techniques in battle, thereby improving their experience and knowledge in the field. User engagement in the gameplay is ensured through the mechanics of

learning through interaction, unconventional gameplay, and the satisfaction derived from achieving visible results and receiving recognition from the application.

In conclusion, the strategy game serves as an effective tool for learning and developing skills in the field of logical and strategic thinking.

The application leverages a variety of resources and the graphical capabilities of the Unity engine to ensure a high degree of visual realism. This contributes to the immersive interaction effect when using VR glasses.

Code Development. This section outlines the various scripts utilized in the project. These scripts are broadly classified into two categories: those facilitating direct user interaction with objects and the surrounding environment, and auxiliary scripts that support these interactions.

The BaseTicket script is a token script that manages user interactions with game objects in a VR environment (Figure 6). It is necessary for providing a natural and intuitive interface for users to interact with game objects, particularly in the context of placing characters on a game map.

The script works by detecting when a game object is being interacted with (i.e., picked up or dropped) by a user's hand. When the game object is dropped, the script checks the distance between the game object and all tiles in the game. If the game object is close enough to a tile, it attempts to spawn a character on that tile. If there is already an object on the tile, it breaks the loop and does nothing. Otherwise, it spawns a character and destroys the game object. This mechanism allows for intuitive placement of characters on a game map.

src > main.cpp

```
using System.Collections;
using System.Collections.Generic;
using UnityEngine;
using Valve.VR.InteractionSystem;

public
class BaseTicket : MonoBehaviour {
private
  bool isInteracting = false;
  [SerializeField] GameObject characterPrefab;
  [SerializeField] string characterName;
protected
  virtual void OnAttachedToHand(Hand hand) { isInteracting = true; }

protected
  virtual void OnDetachedFromHand(Hand hand) {
    isInteracting = false;

    foreach (var tile in Main.tiles) {
      string tileName = tile.Key;
      GameObject tileGO = tile.Value.gameObject;
      if (Vector3.Distance(this.transform.position, tileGO.transform.position) <
          0.15) {
        string[] pos = tileName.Split(",");
        int tempX = int.Parse(pos[0]);
        int tempY = int.Parse(pos[1]);

        GameObject objOnTile =
            Main.tilesObjects[tempX.ToString() + ", " + tempY.ToString()];
        if (objOnTile != null) {
          break;
        } else {
          Main.SpawnCharacter(characterPrefab, characterName, false, false,
                              tempX, tempY, "Ally");
          Destroy(this.gameObject);
          break;
        }
      }
    }
  }
}
```

Figure 6. Token script

The BaseTicket script is a helper script that implements some basic features and checks (Figure 7). It is necessary for managing interactions with game objects in a VR environment. The script is designed to work with the Valve VR Interaction System, which allows for natural interactions with virtual objects.

src › main.cpp

```
using Valve.VR.InteractionSystem;

public
class BaseTicket : MonoBehaviour {
private
  bool isInteracting = false;
  [SerializeField] GameObject characterPrefab;
  [SerializeField] string characterName;
protected
  virtual void OnAttachedToHand(Hand hand) { isInteracting = true; }

protected
  virtual void OnDetachedFromHand(Hand hand) {
    isInteracting = false;

    foreach (var tile in Main.tiles) {
      string tileName = tile.Key;
      GameObject tileGO = tile.Value.gameObject;
      if (Vector3.Distance(this.transform.position, tileGO.transform.position) <
          0.15) {
        string[] pos = tileName.Split(",");
        int tempX = int.Parse(pos[0]);
        int tempY = int.Parse(pos[1]);

        GameObject objOnTile =
            Main.tilesObjects[tempX.ToString() + ", " + tempY.ToString()];
        if (objOnTile != null) {
          break;
        } else {
          Main.SpawnCharacter(characterPrefab, characterName, false, false,
                              tempX, tempY, "Ally");
          Destroy(this.gameObject);
          break;
        }
      }
    }
  }
}
```

Figure 7. Helper script

The script works by detecting when a game object is being interacted with (i.e., picked up or dropped) by a user's hand. When the game object is dropped, the script checks the distance between the game object and all tiles in the game. If the game object is close enough to a tile, it attempts to spawn a character on that tile. If there is already an object on the tile, it breaks the loop and does nothing. Otherwise, it spawns a character and destroys the game object. This mechanism allows for intuitive placement of characters on a game map.

HexTileMapGenerator is a script that generates a hexagonal field according to specified dimensions (Figure 8). It is necessary for creating a grid-based game environment where each hexagon represents a tile that can be interacted with. The script works by instantiating a hexagonal prefab object and positioning it in a staggered pattern based on the map width and height. It also assigns a name and a parent transform to each hexagon for easy identification and organization. The script can be attached to any game object and executed in the Start() method.

src › main.cpp

```
GameObject hexTilePrefab;
[SerializeField] int mapWidth = 25;
[SerializeField] int mapHeight = 12;

float tileXOffset = 0.166f;
float tileZOffset = 0.15f;

Vector3 realPos;
void Start() { CreateHexTileMap(); }

void CreateHexTileMap() {
  realPos = this.gameObject.transform.position;

  for (int x = 0; x <= mapWidth; x++) {
    for (int z = 0; z <= mapHeight; z++) {
      GameObject tempGameObject = Instantiate(hexTilePrefab);

      if (z % 2 == 0) {
        tempGameObject.transform.position =
            new Vector3((realPos.x + x) * tileXOffset, realPos.y,
                        (realPos.z + z) * tileZOffset);
      } else {
        tempGameObject.transform.position =
            new Vector3((realPos.x + x) * tileXOffset + tileXOffset / 2,
                        realPos.y, (realPos.z + z) * tileZOffset);
      }
      SetTileInfo(tempGameObject, x, z);
    }
  }
}

void SetTileInfo(GameObject gameObject, int x, int z) {
  gameObject.transform.parent = transform;
  gameObject.name = x.ToString() + ", " + z.ToString();
}
}
```

Figure 8. The script that generates a hexagonal field

Conclusion. The successful execution of this research project has effectively showcased the potential of VR applications in the realm of strategic skills development. Utilizing the Unity game engine and the C# programming language, an application was developed that not only enhances strategic expertise but also provides players with a unique platform for honing their decision-making skills in an interactive and immersive environment.

Employing Blender, a 3D object creation software, we managed to accurately recreate the environmental location and game models. This contributes to the creation of an immersive experience, providing users with a deeply engaging educational journey.

With the aid of this VR application, users can deepen their strategic experience and develop and refine their decision-making skills in an interactive setting, thereby contributing to the popularization of strategies in VR.

While the project's objectives have been met, there are several areas that could be improved. For instance, more sophisticated 3D modeling and animation techniques could be applied, and more complex physics simulations could be enabled to enhance the realism of the user experience.

In summary, this project signifies a substantial advancement in the utilization of VR for creating strategy games. It exemplifies how modern technology can be leveraged to popularize this genre by fostering the user's strategic experience and logical and strategic thinking.

References

[1] Whitton, Nicola. Digital Games and Learning: Research and Theory. New York: Routledge, 2014.

[2] Truman, Samuel, Nicolas Rapp, Daniel Roth, and Sebastian von Mammen. “Rethinking Real-Time Strategy Games for Virtual Reality,” FDG '18: Proceedings of the 13th International Conference on the Foundations of Digital Games. August 7, 2018. Pages 1–6. https://doi.org/10.1145/3235765.3235801.

[3] Checa, David, and Andres Bustillo. “A Review of Immersive Virtual Reality Serious Games to Enhance Learning and Training.” Multimedia Tools and Applications 79, no. 9-10 (December 5, 2019): 5501–27. https://doi.org/10.1007/s11042-019-08348-9.

[4] Lim, Russell, Wong Chung Wei, Tet-Khuan Chen, and Leo Gertrude David. “The Important and Relevance of Strategy in Role-Playing Games.” 2022 IEEE 2nd International Conference on Mobile Networks and Wireless Communications (ICMNWC), December 2, 2022. https://doi.org/10.1109/icmnwc56175.2022.10032017.

[5] Kuan, Yen-Ting, Yu-Shuen Wang, and Jung-Hong Chuang. “Visualizing Real-Time Strategy Games: The Example of StarCraft II.” 2017 IEEE Conference on Visual Analytics Science and Technology (VAST), October 2017. https://doi.org/10.1109/vast.2017.8585594.

[7] Kim, Youngkwang, Yeo-Song Yoon, Tea-Gyeoung Oh, Yeung-Hwan HwangBo, and Jeong-Hee Hwang. “Real-Time VR Strategy Chess Game Using Motion Recognition.” Journal of Digital Contents Society 18, no. 1 (February 28, 2017): 1–7. https://doi.org/10.9728/dcs.2017.18.1.1.

[8] Squire, Kurt D. “Video Game–Based Learning: An Emerging Paradigm for Instruction.” Performance Improvement Quarterly 21, no. 2 (2008): 7–36. https://doi.org/10.1002/piq.20020.

author’s contribution

Authors to make an equivalent contribution.

ГЕКСАГОНАЛЬНАЯ СТРАТЕГИЯ В VR-ИГРАХ: ШАХМАТНЫЙ ПОДХОД

Н.А. Авчинников
Учащийся УО «Национальный детский технопарк», учащийся ГУО «Гимназия №3 г. Могилева»

М.С. Заматай
Учащийся УО «Национальный детский технопарк», учащийся ГУО «СШ № 7 г. Волковыска»

М.С. Ильясова
ассистент кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР, магистр

Ф.В. Усенко
инженер-программист кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР, магистр

А.М. Прудник
доцент кафедры инженерной психологии и эргономики БГУИР, кандидат технических наук, доцент

Аннотация. Основной целью данного исследования была разработка и оценка виртуального реального приложения, представляющего собой стратегическую игру на гексагональном поле. Эта игра, напоминающая шахматы, была разработана с целью обогащения жанра стратегий и развития навыков принятия решений у игроков. Игра разворачивается на гексагональном поле, вводя уникальный пространственный элемент в стратегическое планирование. Она включает элементы, характерные для шахмат, включая стратегическое планирование, и концепции обороны и атаки. Игрокам требуется думать наперед, предвидеть ходы противника и разрабатывать стратегии как для обороны, так и для атаки. Эта интерактивная и погружающая среда углубляет стратегический опыт, предоставляя платформу для развития навыков принятия решений у игроков. Процесс разработки включал выбор подходящих инструментов, создание 3D-моделей окружающей среды и персонажей, а также настройку среды разработки для интеграции этих моделей. Были реализованы механики игры, и проект прошел тщательное тестирование. Результаты этого исследования включают успешную разработку уникальной стратегической игры, использующей технологию виртуальной реальности, и оценку ее эффективности в обогащении жанра стратегий и стимулировании навыков принятия решений среди игроков. Достигнутые результаты и реализованные решения были задокументированы в отчете. Эта работа вносит вклад в область компьютерных наук, демонстрируя практическое применение технологии виртуальной реальности в контексте стратегических игр.

Ключевые слова: виртуальная реальность, стратегическая игра, теория игр, стратегическое мышление, управление ресурсами, принятие решений, когнитивное восприятие, интеллектуальные навыки, иммерсивный опыт, динамическая среда, неопределенность, анализ, прогнозирование.

УДК 519.714.5

РЕАЛИЗАЦИЯ В FPGA РАЗРЕЖЕННЫХ МАТРИЧНЫХ ФОРМ СИСТЕМ ДНФ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ

П.Н. Бибило
Заведующий лабораторией логического проектирования ОИПИ НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор
bibilo@newman.bas-net.by

С.Н. Кардаш
Старший научный сотрудник лаборатории логического проектирования ОИПИ НАН Беларуси, кандидат технических наук
kardas77@gmail.com

П.Н. Бибило

С 1994 г. является заведующим лабораторией логического проектирования Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси, с которым неразрывно связана вся его трудовая деятельность. Основные научные результаты Бибило П.Н. относятся к теории логического проектирования цифровых устройств, основные направления – разработка методов синтеза цифровых устройств с использованием современной элементной базы сверхбольших интегральных схем (СБИС), автоматизация процессов проектирования (синтеза, моделирования и функциональной верификации) заказных цифровых СБИС, разработка систем автоматизированного проектирования (САПР).

С.Н. Кардаш

Окончил БГУ им. Ленина. Область научных интересов – синтез матричных структур заказных цифровых СБИС, разработка программ логической оптимизации систем булевых функций.

Аннотация. Рассматривается проблема выбора лучших методов и программ для схемной реализации в *FPGA* разреженных систем ДНФ (дизъюнктивных нормальных форм) полностью определенных булевых функций. Для матричных форм разреженных систем ДНФ троичная матрица, задающая элементарные конъюнкции, содержит большую долю неопределенных значений, соответствующих в алгебраической записи отсутствующим литералам булевых входных переменных, а булева матрица, задающая вхождения конъюнкций в ДНФ функций, содержит большую долю нулевых значений. Для проектирования схем *FPGA* показана эффективность комбинированного подхода, использующего сначала программы блочного покрытия системы ДНФ с последующим применением программ минимизации многоуровневых представлений блоков в виде булевых сетей, минимизированных на основе разложений Шеннона.

Ключевые слова: система булевых функций, дизъюнктивная нормальная форма (ДНФ), минимизация ДНФ, *Binary Decision Diagram* (*BDD*), булева сеть, разложение Шеннона, блочное покрытие системы ДНФ, синтез логической схемы, *FPGA*, *VHDL*.

Введение. Проблема эффективной схемной реализации цифровых комбинационных блоков в *FPGA* является актуальной при создании средств автоматизированного проектирования цифровых систем. Важным аспектом этой проблемы является то, что современные синтезаторы логических схем чувствительны к форме задания проектной информации, в качестве которой выступают *VHDL* либо *Verilog* описания [1] моделей функционирования комбинационных схем – те или иные формы задания систем полностью определенных булевых функций. Синтез логических схем выполняется в два этапа – технологически независимая оптимизация представлений систем булевых функций (этап 1) и технологическое отображение (этап 2) в заданный базис (библиотеку) программируемых элементов *FPGA*. Важнейшим является первый этап, на котором выбирается форма представления системы булевых функций и осуществляется

минимизация этой формы. Результат выполнения первого этапа определяет важнейшие параметры синтезированной на втором этапе логической схемы – площадь, временную задержку и энергопотребление. Синтезаторы логических схем, входящие в САПР *FPGA* [2], имеют в своем составе программы логической оптимизации, что позволяет провести синтез исходных не минимизированных описаний систем булевых функций, в том числе и заданных в виде систем ДНФ. Однако, как показано в [3], предварительная технологически независимая оптимизация многоуровневых представлений систем функций на основе разложения Шеннона методами минимизации *BDD* (*BDD – Binary Decision Diagram*, бинарная диаграмма решений) позволяет во многих случаях улучшать результаты схемной реализации блоков комбинационной логики в *FPGA*.

В данной работе рассматриваются разреженные системы ДНФ полностью определенных булевых функций. Для матричных форм таких систем ДНФ троичная матрица, задающая элементарные конъюнкции, содержит большую долю неопределенных значений, а булева матрица, задающая вхождения конъюнкций в ДНФ функций, содержит большую долю нулевых значений и, следовательно, небольшую долю единичных значений. Для разреженных систем ДНФ булевых функций предлагаются алгоритмы их блочного покрытия. Проводится экспериментальное исследование эффективности применения блочных многоуровневых представлений при синтезе FPGA. Синтезированные схемы сравниваются по площади и временной задержке. Многоблочные многоуровневые представления сравниваются по результатам синтеза с раздельными и совместными многоуровневыми представлениями исходной системы ДНФ и минимизированными двухуровневыми представлениями, под которыми понимаются совместно минимизированные ДНФ. В качестве базовых многоуровневых представлений использованы бинарные диаграммы решений с инверсными кофакторами (*BDDI*-представления) и булевы сети (*Bool*-представления). Минимизация *BDDI*-представлений выполняется по матричным заданиям систем ДНФ булевых функций, *Bool*-представлений – по логическим уравнениям, задающим те же системы ДНФ. В результате проведенных экспериментов установлено: для разреженных систем ДНФ наряду с методами минимизации систем функций в классе ДНФ эффективным методом технологически независимой оптимизации является комбинированный метод, включающий блочное покрытие системы ДНФ и последующую минимизацию многоуровневых представлений блоков, при этом функции блоков минимизируются в классе булевых сетей с использованием разложений Шеннона.

Многоуровневые *BDDI*-представления систем булевых функций. Под *BDDI-представлением* (*BDDI - Binary Decision Diagram with Inverse cofactors*) понимается ориентированный бесконтурный граф, задающий последовательные разложения Шеннона булевой функции $f(\boldsymbol{x})=f(x_1,\ldots,x_n)$, $\boldsymbol{x}=(x_1,\ldots,x_n)$, либо системы $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x})=(f^1(\boldsymbol{x}),\ldots,f^m(\boldsymbol{x}))$ булевых функций по всем переменным x_1, x_2, …, x_n при заданном порядке (перестановке) переменных, по которым проводятся разложения, при условии нахождения пар взаимно инверсных кофакторов.

Разложением Шеннона булевой функции $f(\boldsymbol{x})$ по переменной x_i называется представление

$$f(\boldsymbol{x})=\overline{x}_i f_0 \quad x_i f_1 . \qquad (1)$$

Функции $f_0=f(x_1,\ldots,x_{i-1},0,x_{i+1},\ldots,x_n)$, $f_1=f(x_1,\ldots,x_{i-1},1,x_{i+1},\ldots,x_n)$ в правой части (1) называются кофакторами (cofactors, англ.) разложения по переменной x_i. Каждый из кофакторов $f(x_1,\ldots,x_{i-1},0,x_{i+1},\ldots,x_n)$, $f(x_1,\ldots,x_{i-1},1,x_{i+1},\ldots,x_n)$ может быть разложен по одной из переменных из множества $\{x_1,\ldots,x_{i-1},x_{i+1},\ldots,x_n\}$. Процесс разложения кофакторов

заканчивается, когда все n переменных будут использованы для разложения. *BDDI*-представлению соответствует совокупность взаимосвязанных формул разложения Шеннона. Сравнение кофакторов на равенство и нахождение взаимно инверсных кофакторов осуществляется с использованием полиномов Жегалкина – канонических представлений булевых функций [4], либо сравнением ДНФ, задающих кофакторы.

Минимизация сложности *BDDI* заключается в нахождении последовательности (*перестановки*) переменных разложений Шеннона, при которой число кофакторов является наименьшим [4]. Если для каждой функции системы соответствующая ей *BDDI* строится независимо, то такая минимизация называется *раздельной*. При построении раздельных *BDDI* могут появляться одинаковые кофакторы в *BDDI* различных функций системы, однако данный факт при построении *BDDI* для каждой отдельной функции во внимание не принимается.

Многоуровневые *Bool*-представления систем булевых функций. *Bool-представление* системы булевых функций соответствует булевой сети (ориентированному бесконтурному графу), функциями вершин которой могут быть логические операции «конъюнкции» либо «дизъюнкции» (возможно с инверсией) над литералами булевых переменных. *Литерал* – это булева переменная либо ее инверсия. Логическая минимизация булевых сетей на основе разложения Шеннона заключается в поиске такой перестановки переменных разложения, при которой число литералов в булевой сети является наименьшим. В булевой сети разложение Шеннона записывается виде трех формул

$$f(\boldsymbol{x}) = w_0 \quad w_1; \;\; w_0 = \overline{x}_i f_0; \;\; w_1 = x_i f_1. \qquad (2)$$

После разложения Шеннона по очередной переменной минимизация булевой сети сводится к следующему: ищутся вершины булевой сети, опирающиеся на одинаковые подсети, после чего проводится сокращение сети и находятся уравнения, соответствующе редуцированной сети [5].

Раздельные BDDI- и *Bool*-минимизации для выделенных подсистем системы булевых функций (либо для отдельных функций системы) заключаются в нахождении своей перестановки $< x_1, x_2, ..., x_n >$ переменных разложения для каждой из подсистем функций, в то время как при *совместной BDDI-* и *Bool*-минимизации используется одна и та же перестановка переменных разложения для всех функций $f^1(\boldsymbol{x}),\ldots,f^m(\boldsymbol{x})$ системы $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x})$. Для некоторых систем функций преимущество при синтезе имеет совместная минимизация, для других – раздельная *BDDI-* либо *Bool*-минимизация. Обычно раздельная минимизация позволяет получать схемы, характеризуемые большим быстродействием.

Минимизация в классе ДНФ. Кратчайшей системой ДНФ D_f для системы булевых функций $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x})=(f^1(\boldsymbol{x}),\ldots,f^m(\boldsymbol{x}))$ называется такая система ДНФ, которая содержит минимальное число общих элементарных конъюнкций, на которых заданы ДНФ D_{f_i}, $i=1,\ldots, m$, всех функций $f^i(\boldsymbol{x})$ системы $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x})=(f^1(\boldsymbol{x}),\ldots,f^m(\boldsymbol{x}))$. Задача совместной минимизации системы булевых функций: для заданной системы $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x})=(f^1(\boldsymbol{x}),\ldots,f^m(\boldsymbol{x}))$ булевых функций найти кратчайшую систему ДНФ D_f. Совместная минимизация систем булевых функций в экспериментах выполнялась программой *Espresso IIC* [6].

Блочное покрытие системы ДНФ булевых функций. Пусть ($T^{\boldsymbol{x}}$, $B^{\boldsymbol{f}}$) – пара матриц, задающая матричную форму системы ДНФ булевых функций $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x})=(f^1(\boldsymbol{x}),\ldots,f^m(\boldsymbol{x}))$, $\boldsymbol{x}=(x_1,\ldots,x_n)$, где $T^{\boldsymbol{x}}$ – троичная матрица, задающая общие элементарные конъюнкции, $B^{\boldsymbol{f}}$ –

булева матрица, единичные элементы которой отмечают вхождения элементарных конъюнкций в ДНФ функций [7]. Система ДНФ

$$\begin{aligned}
f^1 &= x_1\bar{x}_2\bar{x}_3x_4 \quad x_2x_3\bar{x}_5 \quad \bar{x}_1x_4x_5;\\
f^2 &= x_5x_6\bar{x}_7\bar{x}_8\bar{x}_9 \quad \bar{x}_4x_5\bar{x}_6x_8x_9x_{10} \quad x_4x_5x_8;\\
f^3 &= x_5x_6\bar{x}_7\bar{x}_8\bar{x}_9 \quad \bar{x}_4x_5\bar{x}_6x_8x_9x_{10} \quad x_1\bar{x}_2\bar{x}_4x_5 \quad x_2x_3\bar{x}_5 \quad \bar{x}_1x_4x_5;\\
f^4 &= x_5x_6\bar{x}_7\bar{x}_8\bar{x}_9 \quad \bar{x}_4x_5\bar{x}_6x_8x_9x_{10} \quad \bar{x}_1\bar{x}_2x_8x_{10} \quad x_1\bar{x}_8x_{10} \quad x_4x_5x_8;\\
f^5 &= x_2x_8\bar{x}_9 \quad x_1\bar{x}_8x_{10};\\
f^6 &= x_1x_2\bar{x}_8x_9x_{10} \quad \bar{x}_1\bar{x}_2x_8x_{10} \quad x_2x_8\bar{x}_9
\end{aligned} \tag{3}$$

задается парой матриц (T^x, B^f) в табл. 1.

Таблица 1. Матричная форма системы ДНФ булевых функций

Номер строки	Троичная матрица T^x										Булева матрица B^f					
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}	f^1	f^2	f^3	f^4	f^5	f^6
1		1	1	–	–	–	–	–	0	1	1	0	0	0	0	0	1
2		–	–	–	–	1	1	0	0	0	–	0	1	1	1	0	0
3		–	–	–	0	1	0	–	1	1	1	0	1	1	1	0	0
4		0	0	–	–	–	–	–	1	–	1	0	0	0	1	0	1
5		1	0	–	0	1	–	–	–	–	–	1	0	1	0	0	0
6		–	1	1	–	0	–	–	–	–	–	1	0	1	0	0	0
7		–	1	–	–	–	–	–	1	0	–	0	0	0	0	1	1
8		1	–	–	–	–	–	–	0	–	1	0	0	0	1	1	0
9		0	–	–	1	1	–	–	–	–	–	1	0	1	0	0	0
10		–	–	–	1	1	–	–	1	–	–	0	1	0	1	0	0

Число n переменных равно 10 (n=10), число функций m=6, ДНФ заданы на k=10 общих элементарных конъюнкциях, число d операторов дизъюнкции в (3) равно 15 (d=15). Площадь $Q(T^x, B^f)$ матриц будем вычислять по формуле (4) и выражать в числе бит:

$$Q(T^x, B^f)=(n+m)k \text{ (бит)}. \tag{4}$$

Рассмотрим систему ДНФ, каждая элементарная конъюнкция которой включает не более t литералов. Это значит, что в каждой строке троичной матрицы T^x находится не более t определенных 0, 1 элементов (остальные элементы равны «–»). Пусть $p \quad t$. Рассмотрим пару (T_{H_i} , B_{H_i}) подматриц, где T_{H_i} – строчная (образованная некоторыми строками матрицы T^x) подматрица матрицы T^x, B_{H_i} – подматрица матрицы B^f, заданная на том же подмножестве строк, что и T_{H_i}. Назовем пару (T_{H_i} , B_{H_i}) *блоком* H_i.

Блок H_i назовем (p,s,q)-*ограниченным*, если

– число столбцов T_{H_i}, содержащих определенные элементы 0, 1, не превышает p;

– число ненулевых столбцов матрицы B_{H_i} не превышает q;

– число строк подматриц T_{H_i}, B_{H_i} не превышает s.

Блок (T_{H_i} , B_{H_i}) назовем (*p*,*q*)-*ограниченным*, если значение параметра *s* не ограничивается, т. е. всегда предполагается $s = k$. Блок назовем *p-ограниченным*, если значения параметров *s* и *q* не ограничиваются, т. е. предполагается всегда *s=k* и *q=m*. Легко видеть, что пара (T_{H_i} , B_{H_i}) задает соответствующую систему ДНФ булевых функций. Рассмотрим три пары подматриц, заданных в табл. 2 – 4.

Таблица 2. Система ДНФ булевых функций блока *H1*

Номер строки	Троичная матрица T_{H_1}	Булева матрица B_{H_1}
	x_1 x_2 x_8 x_9 x_{10}	f_1^4 f^5 f^6
1	1 1 0 1 1	0 0 1
4	0 0 1 - 1	1 0 1
7	- 1 1 0 -	0 1 1
8	1 - 0 - 1	1 1 0

Таблица 3. Система ДНФ булевых функций блока *H2*

Номер строки	Троичная матрица T_{H_2}	Булева матрица B_{H_2}
	x_4 x_5 x_6 x_7 x_8 x_9	f^2 f_1^3 f_2^4
2	- 1 1 0 0 0	1 1 1
3	0 1 0 - 1 1	1 1 1
10	1 1 - - 1 -	1 0 1

Таблица 4. Система ДНФ булевых функций блока *H3*

Номер строки	Троичная матрица T_{H_3}	Булева матрица B_{H_3}
	x_1 x_2 x_3 x_4 x_5	f_1^4 f_2^3
5	1 0 - 0 1	1 1
6	- 1 1 - 0	1 1
9	0 - - 1 1	1 1

Пара (T_{H_1} , B_{H_1}) является (5,4,3)-ограниченной и имеет площадь 32 бит; пара (T_{H_2} , B_{H_2}) является (6,3,3)-ограниченной и имеет площадь 27 бит, пара (T_{H_3} , B_{H_3}) является (5,3,2)-ограниченной и имеет площадь 21 бит.

Множество $\{H_1,\ldots, H_v\}=\{(T_{H_1} , B_{H_1}),..., (T_{H_v} , B_{H_v})\}$ блоков назовем блочным дизъюнктивным покрытием (далее *блочным покрытием*) пары матриц (T^x, B^f), если каждый единичный элемент матрицы B^f входит только в одну из подматриц B_{H_i}, а каждая строка матрицы T^x входит хотя бы в одну из подматриц T_{H_i}, i=1,…,v.

Блочное покрытие (*p*,*q*)-*ограниченными* блоками будет являться разбиением исходной системы ДНФ на *непересекающиеся* подсистемы функций, если все функции каждого блока H_i будут зависеть от одного и того же подмножества переменных, мощность которого не более *p*.

Если же для подсистемы, состоящей из *q* функций, число ее аргументов превышает число *p*, то для реализации блочного разложения требуются операции дизъюнкции для некоторых (либо всех) функций нескольких (возможно всех) блоков.

Задача 1 блочного покрытия системы ДНФ по критерию минимальности числа блоков: найти покрытие пары (T^x, B^f) возможно меньшим числом (p,q)-ограниченных блоков (T_{H_i}, B_{H_i}), i=1,…, v.

Задача 2 блочного покрытия системы ДНФ по критерию минимальности площади блоков: найти покрытие пары (T^x, B^f) возможно меньшим числом p-ограниченных блоков (T_{H_i}, B_{H_i}), i=1,…, w, имеющих возможно меньшую суммарную площадь с учетом площадей логических элементов, реализующих дизъюнкции функций.

Алгоритмы и программы решения задач блочного покрытия системы ДНФ описаны в [8]. Они являются эвристическими и итерационными – на каждой итерации формируется один блок на основе эвристик выбора столбцов и строк соответствующих подматриц очередного блока. После этого обнуляются те единичные элементы булевой матрицы B^f, которые принадлежат сформированному блоку. Процесс формирования блоков заканчивается, когда все элементы матрицы B^f станут нулевыми.

Применение программы решения задачи 2 (для p=6) блочного покрытия с минимизацией площади блоков для системы ДНФ из табл. 1 позволяет получить три блока H_1, H_2, H_3, заданных в табл. 2–4, соответственно. В табл. 3 ДНФ функций f^2, f_2^4 одинаковы, т. е. $f^2 = f_2^4$, в табл. 4 также задаются одинаковые ДНФ $f_1^4 = f_2^3$, поэтому можно сказать, что блочное покрытие является приемом логической оптимизации и позволяет выделять *общие подфункции* в дизъюнктивных разложениях системы ДНФ. Изменяя параметры p, q, можно получать различные блочные покрытия системы ДНФ, характеризуемые различной суммарной площадью, различным числом блоков и различным числом дизъюнкций, требуемых для формирования выходных функций.

Разреженные системы ДНФ. Под *разреженностью* α *троичной матрицы* T^x будем понимать отношение числа неопределенных элементов «–» к числу всех элементов этой матрицы и выражать это отношение в процентах. Например, троичная матрица T^x (табл. 1) содержит 62 неопределенных значения «–», общее число элементов матрицы T^x равно 100 (матрица состоит из 10 столбцов и 10 строк), следовательно, α =62%. Под *разреженностью* β *булевой матрицы* B^f будем понимать отношение числа единичных элементов к числу всех ее элементов и выражать это отношение в процентах. В булевой матрице B^f (табл. 1) число единичных элементов равно 21, следовательно, β=21/60=0,35, что составляет 35%. Чем большее значение имеет параметр α и чем меньшее значение имеет параметр β, тем более разреженной является матричная форма системы ДНФ.

Исходные данные для экспериментов. Системы булевых функций для экспериментов (табл. 5) были заданы в двух формах – матричной форме и форме логических уравнений.

Таблица 5. Исходные данные – разреженные системы ДНФ

Схема	n	m	k	d	α	β
*C*8	28	18	70	103	89,5	22,0
DALU	75	16	194	1145	94,0	41,3
LAL	26	19	117	67	83,8	28,2
*PM*1	16	13	42	27	83,6	30,0
SCT	19	15	64	76	98,9	36,7
*TTT*2	24	21	222	203	80,7	28,1
*Alu*4	14	8	1 028	1 020	45,2	59,7
*Apex*5	117	88	1 227	1 142	95,0	5,7
*I*2*c*	147	142	1 357	1 251	98,6	2,2
*X*1	51	35	324	289	87,0	22,0

Окончание таблицы 5

Схема	*n*	*m*	*k*	*d*	α	β
*X*3	135	99	915	523	92,4	6,1
*X*4	94	71	371	277	94,5	9,2
*Bloki*1	15	16	355	506	58,1	28,5
*Bloki*2	15	16	90	101	64,2	24,6
*Pozd*_1	30	30	754	1 516	79,2	17,5
*Pozd*_2	30	30	605	1 805	75,2	22,2

Примеры *Bloki*1, *Bloki*2, *Pozd*_1, *Pozd*_2 – это специально сгенерированные «блочные» системы ДНФ. Остальные 12 примеров (табл. 5) – это разреженные системы ДНФ (*Combinational Multi-Level Examples*), взятые из библиотеки примеров *LGSynth*91. Исходные функциональные описания примеров *C*8, *DALU*, *LAL*, *PM*1, *SCT*, *TTT*2, *X*1, *X*3, *X*4 не содержат инверсий литералов входных переменных, т. е. троичные матрицы T^{x} для этих примеров содержат только 1 и «–». В табл. 5 используются следующие обозначения: *n* – число аргументов системы ДНФ булевых функций; *m* – число функций; *k* – число общих элементарных конъюнкций; *d* - число дизъюнкций в системе ДНФ булевых функций; α – разреженность (в процентах) троичной матрицы T^{x}; β – разреженность (в процентах) булевой матрицы B^{f}.

Эксперименты. Эксперименты были организованы следующим образом. Сначала (кроме эксперимента 1) выполнялась *раздельная*, *совместная* либо *блочная* (комбинированная) логическая минимизация. *BDDI*-минимизация выполнялась для матричных форм, *Bool*-минимизация – для логических уравнений, задающих те же системы функций. Программы блочного покрытия выполнялись только для матричных представлений, обработка многоблочных логических сетей осуществлялась с помощью стратегий системы логической оптимизации *FLC*2 [9].

Перечислим программы системы *FLC*2, участвующие в экспериментах. BDDI-минимизация отдельных ДНФ и совместная *BDDI*-минимизация систем ДНФ выполнялась с помощью программы *BDD_Builder* [5]; раздельная и совместная *Bool*-минимизация – *с* помощью модификации программы *BoolNet_Opt* [5]. Для решения задачи 1 блочного покрытия систем ДНФ использовалась программа *RAZ* [8], для решения задачи 2 – программа *RAZ_Area* [8]. Как уже говорилось, совместная минимизация систем булевых функций в классе ДНФ выполнялась программой *Espresso IIC* [6].

После логической минимизации минимизированные описания представлений систем функций конвертировались в *VHDL* описания в систему *Vivado*. Синтезатор системы *Vivado* имеет свои средства логической минимизации, этот синтезатор перерабатывает входное описание, получает свое (внутреннее) описание, по которому и синтезируется схема. В качестве *FPGA* использовалась микросхема *xc*7*k*70tfbg676-1 семейства *Kintex*-7 [10], эксперименты выполнялись в системе *Vivado* [1] (версия 2019.1), стратегия синтеза «*Vivado Synthesis Defaults*», стратегия имплементации – «*Vivado Implementation Defaults*».

Эксперимент 1. Для систем функций, заданных логическими уравнениями, логическая оптимизация не выполнялась, исходные описания сразу конвертировались в *VHDL* описания. Полученные схемные реализации названы базовыми. На рис. 1 показана логическая схема, полученная в эксперименте 1 по не минимизированной системе ДНФ (табл. 1) на этапе логического синтеза, после выполнения имплементации схема реализуется структурой из семи программируемых элементов *LUT*(5), имеющих пять входов.

В экспериментах 2 – 10 исходной информацией были матричные формы систем ДНФ булевых функций.

Эксперимент 2. Совместная минимизация систем функций в классе ДНФ с помощью программы *Espresso IIC* [6].

Эксперимент 3. Разбиение системы на подсистемы, состоящие из отдельных функций, затем для каждой из функций исходной системы, заданной в матричной форме, выполнялась раздельная *BDDI*-минимизация.

Эксперимент 4. Разбиение системы на подсистемы, состоящие из отдельных функций, затем матричное описание каждой из функций переводилось в логические уравнения, после этого для каждой из функций выполнялась раздельная *Bool*-минимизация.

Эксперимент 5. Совместная *BDDI*-минимизация исходной системы ДНФ булевых функций.

Эксперимент 6. Матричное описание системы ДНФ булевых функций переводилось в логические уравнения, затем для системы функций, заданных логическими уравнениями, выполнялась совместная *Bool*-минимизация.

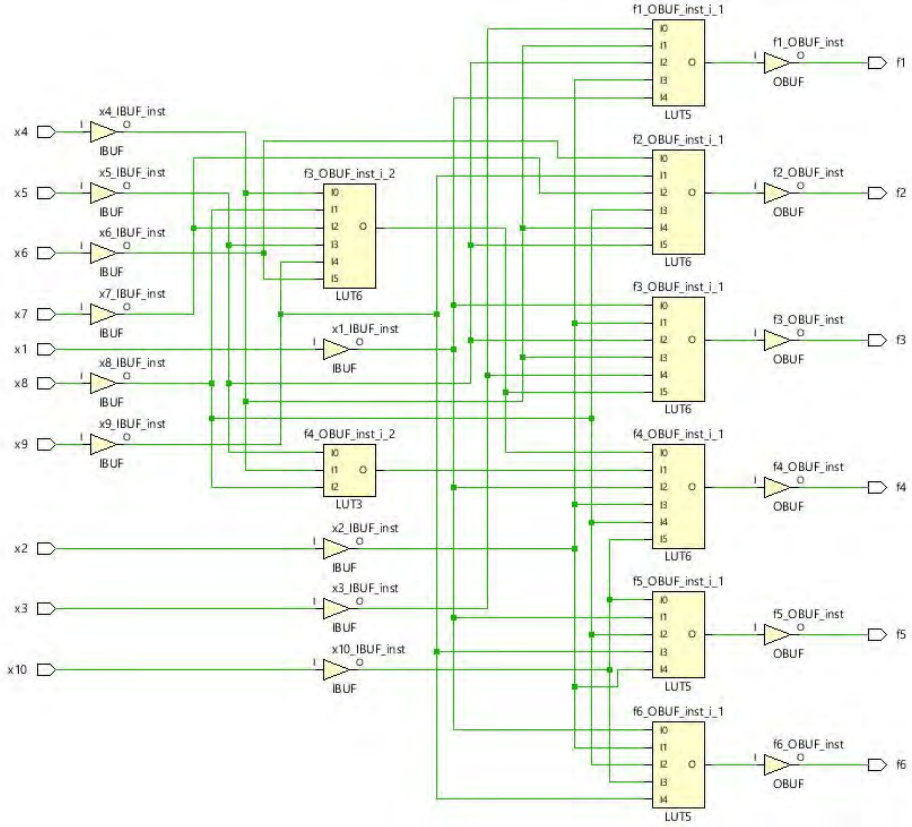


Рисунок 1. Реализация в *FPGA* после этапа логического синтеза системы ДНФ (табл.1) в эксперименте 1

Эксперимент 7. Блочное покрытие матричной формы системы ДНФ по критерию минимальности числа (p, q)-ограниченных блоков (p – число входов, q – число выходов блока), затем для функций каждого блока выполнялась совместная *BDDI*-минимизация.

Эксперимент 8. Блочное покрытие матричной формы системы ДНФ по критерию минимальности числа (p, q)-ограниченных блоков (p – число входов, q – число выходов блока), затем для каждого блока выполнялась совместная *Bool*-минимизация.

Эксперимент 9. Блочное покрытие матричной формы системы ДНФ по критерию минимальности суммарной площади блоков, затем для функций каждого блока выполнялась совместная *BDDI*-минимизация.

Эксперимент 10. Блочное покрытие матричной формы системы ДНФ по критерию минимальности суммарной площади блоков, затем для функций каждого блока выполнялась совместная *Bool*-минимизация. На рис. 2 показана логическая схема, полученная в эксперименте 10 по минимизированной (блочное покрытие, затем *Bool*-минимизация) системе ДНФ (табл. 1) на этапе логического синтеза, после выполнения имплементации схема реализуется структурой из шести программируемых элементов *LUT*(5).

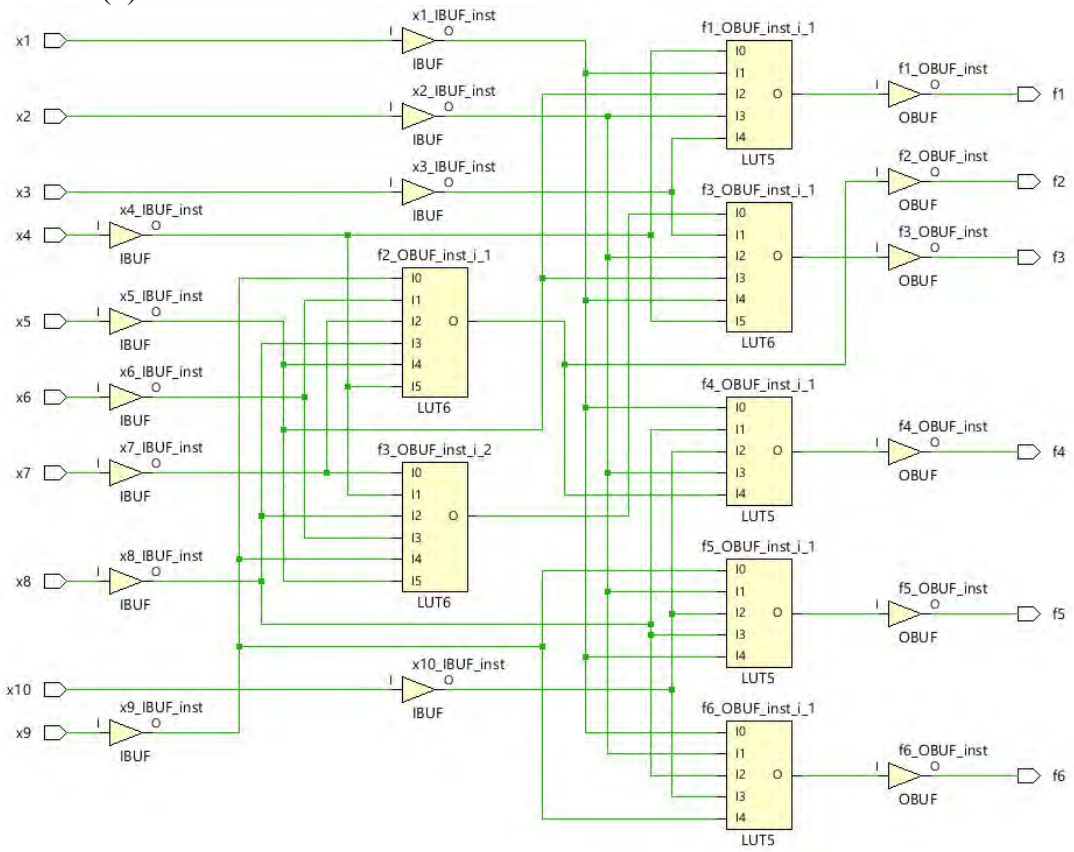


Рисунок 2. Реализация в *FPGA* логической сети (табл. 2- 4) в эксперименте 10

Результаты экспериментов и их обсуждение. Результаты экспериментов для примеров из табл. 5 представлены в табл. 6 – 9, где символом * отмечены лучшие решения для испытываемого примера – меньшие значения параметров площади и временной задержки, при этом сравнение проводилось по всем десяти экспериментам.

Символом # помечены решения, улучшающие базовые решения, т. е. отмечены меньшие значения параметра площади либо задержки, чем соответствующие значения параметров из эксперимента 1.

В табл. 6 – 9 используются следующие обозначения:

Z - число литералов в задании системы булевых функций;

k_{Espr} – число элементарных конъюнкций в совместно минимизированной системе ДНФ с помощью программы *Espresso*;

LUT – число программируемых элементов *LU*T (*Look-Up Table* (таблица, реализующая логическую функцию) – настраиваемый элемент, входящий в состав *FPGA*;

Delay – временная задержка схемы (нс);

p – число входов блока;

q – число выходов блока;

r – число блоков после разбиения системы функций на подсистемы (случай *r*=1 соответствует совместной реализации системы).

Таблица 6. Результаты экспериментов 1, 2

Имя примера	Эксперимент 1 **Базовые решения**		Эксперимент 2			
	LUT	*Delay*	*k*	k_{Espr}	*LUT*	*Delay*
*C*8	16	7.425	70	70	16	**#7.217**
DALU	***51**	9.239	194	194	***51**	***#8.680**
LAL	28	7.753	117	117	28	8.012
*PM*1	12	6.909	42	42	12	6.988
SCT	21	7.330	64	64	**#20**	***#7.057**
*TTT*2	37	7.909	222	222	37	**#7.869**
*Alu*4	266	10.786	1 028	***575***	273	11.638
*Apex*5	173	13.639	1 227	***1 088***	**#169**	14.158
I2c	255	14.559	1 357	***805***	**#253**	15.391
*X*1	73	***8.705**	324	***274***	74	9.238
*X*3	***152**	13.326	915	915	174	13.620
*X*4	***84**	12.996	371	371	101	**#12.201**
*Bloki*1	279	10.307	355	***240***	***#266**	**#9.721**
*Bloki*2	87	8.198	90	***80***	**#82**	8.510
*Pozd_*1	995	13.396	754	***555***	***#865**	13.519
*Pozd_*2	977	***13.435**	605	***442***	***#902**	14.501
Улучшено базовых решений			-	**-**	8	6

Таблица 7. Результаты экспериментов 3, 4

Имя примера	Эксперимент 3		Эксперимент 4	
	LUT	*Delay*	*LUT*	*Delay*
*C*8	***#15**	**#7.317**	***#15**	**#7.157**
DALU	***51**	**#9.202**	***51**	**#8.748**
LAL	30	8.056	28	7.837
*PM*1	13	**#6.837**	12	7.003
SCT	**#18**	7.810	**#18**	7.713
*TTT*2	**#36**	8.279	**#36**	8.415
*Alu*4	226	10.992	**#200**	***#9.533**
*Apex*5	**#172**	14.015	174	14.405
I2c	255	***#13.766**	**#251**	**#14.321**
*X*1	73	8.860	**#72**	9.046
*X*3	176	**#13.279**	176	14.116
*X*4	102	**#11.957**	100	13.086
*Bloki*1	**#267**	**#9.914**	**#270**	***#9.521**
*Bloki*2	**#79**	**#7.803**	**#82**	8.314
*Pozd_*1	1 295	15.293	1 273	13.624
*Pozd_*2	1 730	13.913	1 751	14.554
Улучшено базовых решений	7	8	9	5

Таблица 8. Результаты экспериментов 5, 6, 7

Имя примера	Эксперимент 5		Эксперимент 6		Эксперимент 7	
	LUT	*Delay*	*LUT*	*Delay*	*LUT*	*Delay*
*C*8	16	7.503	16	7.549	***#15**	***#7.325**
Имя примера	Эксперимент 5		Эксперимент 6		Эксперимент 7	
	LUT	*Delay*	*LUT*	*Delay*	*LUT*	*Delay*
DALU	***51**	***#9.075**	52	9.305	***51**	***#9.235**
LAL	30	***#7.547**	***#26**	7.874	***#27**	***#7.593**
*PM*1	13	***#6.805**	13	6.909	***#11**	***#6.692**
SCT	***#17**	7.543	***#20**	***#7.276**	***#18**	7.366
*TTT*2	37	***#7.833**	37	8.616	***#35**	8.323
*Alu*4	194	***#9.917**	***#182**	***#9.816**	262	11.224
*Apex*5	***#162**	13.932	183	13.767	224	***#13.324**
I2c	255	14.321	***#245**	14.560	258	14.930
*X*1	***#71**	9.269	73	9.231	***#70**	9.198
*X*3	175	13.647	175	***#13.177**	175	14.438
*X*4	100	***#12.127**	100	***#11.941**	101	***#12.115**
*Bloki*1	290	***#9.965**	285	***#9.829**	279	***#9.905**
*Bloki*2	***#82**	***#7.844**	***#83**	***#8.019**	***#73**	8.225
*Pozd_*1	1 057	14.072	1 030	13.646	1 059	14.079
*Pozd_*2	1 176	14.435	1 036	14.233	1 172	14.280
Улучшено базовых решений	4	8	5	6	8	7

Таблица 9. Результаты экспериментов 8, 9, 10

Имя примера	Эксперимент 8		Эксперимент 9		Эксперимент 10	
	LUT	*Delay*	*LUT*	*Delay*	*LUT*	*Delay*
*C*8	***#15**	***#7.325**	16	***#7.123**	***#15**	7.447
DALU	***51**	***#9.124**	***51**	9.422	***51**	***#8.908**
LAL	28	***#7.596**	29	7.974	28	***#7.628**
*PM*1	***#11**	***#6.740**	***#11**	7.151	13	7.033
SCT	***#17**	7.810	22	7.444	***#18**	7.704
*TTT*2	37	***#7.746**	***#36**	***#7.836**	37	***#7.815**
*Alu*4	204	***#9.593**	226	10.992	***#181**	***#9.699**
*Apex*5	180	15.126	***#171**	14.314	***#172**	***#13.201**
I2c	261	***#13.841**	***#254**	14.598	***#242**	***#14.472**
*X*1	***#69**	8.969	***#70**	9.198	***#72**	9.153
*X*3	176	16.358	174	16.097	174	14.766
*X*4	101	***#12.689**	101	***#12.337**	101	***#11.715**
*Bloki*1	282	***#10.203**	***#269**	***#9.915**	***#270**	10.339
*Bloki*2	***#84**	8.398	***#80**	***#7.791**	***#80**	8.215
*Pozd_*1	1 011	***#13.022**	1 088	14.597	1 036	14.528
*Pozd_*2	1 032	14.478	1 172	14.280	1 045	14.106
Улучшено базовых решений	6	10	8	5	9	7

Алгоритмы и программы [8] блочного покрытия для матричных представлений позволяют выделять блоки в блочных системах ДНФ функций и в разреженных системах ДНФ. Это подтверждается схемной реализацией специально сгенерированных блочных систем ДНФ. Анализ экспериментов, проведенных в системе в *Vivado*, приводит к следующим *выводам*.

Практически все программы предварительной технологически независимой оптимизации позволяют часто улучшать результаты схемной реализации в *FPGA* по сравнению с непосредственным (без оптимизации) базовым синтезом в *Vivado*, однако ни одна из программ предварительной логической минимизации не имеет явного преимущества по числу лучших результатов, помеченных символом «*». Наряду с совместной минимизацией в классе ДНФ, эффективной для специально сгенерированных блочных систем ДНФ и выполняемой программой *Espresso*, раздельная *BDDI*- и *Bool*-минимизация оказываются достаточно эффективными при синтезе схем *FPGA*. Однако выполнение блочных покрытий матричных представлений систем ДНФ функций и *Bool*-минимизация полученных блоков являются более эффективными, так как в бóльшем числе случаев позволяют уменьшить площади схем либо их временные задержки. Результаты эксперимента 10 (табл. 9) показывают, что, как и в случае заказных СБИС, блочное покрытие с *Bool*-минимизацией блоков является наиболее эффективным при реализации разреженных матричных форм систем ДНФ полностью определенных булевых функций. Целесообразно в дальнейших исследованиях организовывать перебор блочных покрытий, оценивания их не только по площади, но и по суммарному числу литералов в блоках покрытия. Данный подход, использующий перебор блочных покрытий и их оценку по числу литералов, оказался эффективным при синтезе схем заказных СБИС, когда целевая библиотека синтеза состояла из КМОП элементов.

Заключение. Система *FLC*-2 [9] включает разнообразные программы логической минимизации различных форм представлений систем булевых функций. В системе *FLC*-2 можно провести эффективную технологически независимую оптимизацию разреженных систем ДНФ, используя программы блочного покрытия с последующей минимизацией *Bool*-представлений либо *BDDI*-представлений полученных блоков в зависимости от целевой библиотеки синтеза – библиотечные элементы либо программируемые элементы *FPGA*. Это не исключает применения и других программ логической минимизации, особенно тогда, когда системы ДНФ не являются разреженными. В этих случаях могут быть эффективными комбинированные методы многоэтапной совместной минимизации многоуровневых представлений, либо подходы, основанные на выделении из системы функций таких подсистем, для которых преимущество при синтезе имеет совместная минимизация.

Список литературы

[1] Тарасов, И. Е. ПЛИС Xilinx. Языки описания аппаратуры VHDL и Verilog, САПР, приемы проектирования / И. Е. Тарасов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2020. – 538 с.

[2*] Chen*, *D. FPGA design automation*: *a survey* / *D. Chen*, *J. Cong*, *P. Pan* // *Foundations and Trends in Electronic Design Automation*. – 2006. – *Vol*. 1. – №. 3. – *P*. 195–330.

[3] Бибило П.Н., Ланкевич Ю.Ю., Романов В.И. Логическая минимизация при синтезе комбинационных структур в FPGA // Информатика. – 2021. – Т. 18. – № 1. – С. 7 – 24.

[4] Бибило, П. Н. Использование полиномов Жегалкина при минимизации многоуровневых представлений систем булевых функций на основе разложения Шеннона / П. Н. Бибило, Ю. Ю. Ланкевич // Программная инженерия. – 2017. – № 8. – С. 369–384.

[5] Бибило, П.Н. Экспериментальное сравнение эффективности алгоритмов оптимизации *BDD*-представлений систем булевых функций / П.Н. Бибило, Ю.Ю. Ланкевич // Программные продукты и системы. – 2020. – Т. 33. – № 3. – С. 449–463.

[6] *Logic Minimization Algorithm for VLSI Synthesis* / *K. R. Brayton [et al.]*. – *Boston*: *Kluwer Academic Publishers*, 1984. – 193 *p*.

[7] Закревский, А. Д. Логические основы проектирования дискретных устройств / А. Д. Закревский, Ю. В. Поттосин, Л. Д. Черемисинова. – М.: Физматлит, 2007. – 592 с.

[8] Кардаш, С. Н. Построение блочных разбиений систем булевых функций на основе задачи покрытия булевых матриц / С. Н. Кардаш // IX Международная научно-практическая конференция «BIG DATA and Advanced Analytics» (BIG DATA 2023): Материалы междунар. науч. конф., (Республика Беларусь, Минск, 17–18 мая 2023 г.). – Минск: БГУИР, 2023. –Часть 2. – С. 326 – 330.

[9] Бибило, П.Н. Система логической оптимизации функционально-структурных описаний цифровых устройств на основе продукционно-фреймовой модели представления знаний / П.Н. Бибило, В.И. Романов // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем. 2020. – Выпуск 4. – С. 9–16.

[10] Соловьев, В. В. Архитектуры ПЛИС фирмы Xilinx: FPGA и CPLD 7-й серии / В. В. Соловьев. – М.: Горячая линия – Телеком, 2016. – 392 с.

Авторский вклад

Бибило Петр Николаевич – постановка задачи исследования, проведение экспериментов в системах Vivado и FLC-2, подготовка текста доклада.

Кардаш Сергей Николаевич – разработка программ блочного покрытия и разбиения систем ДНФ булевых функций, исследование эффективности этих программ.

IMPLEMENTATION IN FPGA OF SPARSE SYSTEMS OF DISJUNCTIVE NORMAL FORMS OF BOOLEAN FUNCTIONS

P. N. Bibilo
Head of Laboratory of UIIP of NAS of Belarus, Dr. of Technical Sciences, Professor

S. N. Kardash
Senior Researcher of UIIP of NAS of Belarus, PhD of Technical Sciences

Abstract. The problem of choosing the best methods and programs for circuit implementation as part of FPGA sparse DNF systems of fully defined Boolean functions is considered. For matrix forms of sparse DNF systems, the ternary matrix specifying elementary conjunctions contains a large proportion of undefined values corresponding to missing literals of Boolean input variables, and the Boolean matrix specifying the occurrences of conjunctions in DNF functions contains a large proportion of zero values. For the FPGA circuits, the effectiveness of a combined approach is shown, which first uses block coverage programs of the DNF system, followed by the use of programs to minimize multilevel block representations in the form of Boolean networks minimized based on Shannon expansion.

Keywords: Boolean function system, Disjunctive Normal Form (DNF), DNF minimization, Binary Decision Diagram (BDD), Boolean network, Shannon expansion, block cover of the DNF system, logic synthesis, FPGA, VHDL.

УДК 004.853:629.4

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ЭНЕРГЕТИКЕ ТЯГИ ПОЕЗДОВ

А. И. Давыдов
Доцент кафедры «Информационная безопасность» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения», кандидат технических наук, доцент
davydovai@bk.ru

С. О. Подгорная
Доцент кафедры «Информатика и компьютерная графика» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения», кандидат технических наук
ps.light@mail.ru

М. М. Соколов
Доцент кафедры «Автоматика и телемеханика» ФГБОУ ВО «Омский государственный университет путей сообщения», кандидат технических наук, доцент
sokolovmm@mail.ru

А. И. Давыдов

Окончил Омский государственный университет путей сообщения. Область научных интересов связана с разработкой методов и алгоритмов построения систем поддержки принятия решений в области энергетики тяги поездов, а также методологии прогнозирования энергопотребления техническими системами.

М. М. Соколов

Окончил Омский государственный университет путей сообщения. Область научных интересов связана с моделированием электротехнических комплексов на железнодорожном транспорте с целью модернизации средств диагностирования устройств инфраструктуры и подвижного состава.

С. О. Подгорная

Окончила Омский государственный университет путей сообщения. Область научных интересов связана с исследованием методов анализа расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов.

Аннотация. Выполнен анализ различных подходов к использованию технологий анализа больших данных о расходе топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) на тягу поездов для выявления скрытых закономерностей с целью выработки мероприятий по повышению энергетической эффективности одного из наиболее энергоемких сегментов энергетического баланса как железнодорожной отрасли, так и в целом промышленности страны.

Проанализированы основные методы и технологии анализа больших данных с целью их применения в рассматриваемой предметной области.

Ключевые слова: поддержка принятия решения, интеллектуальный анализ, расход энергии, анализ, прогнозирование.

Введение. Железнодорожный транспорт является одним из крупнейших потребителей топливно-энергетических ресурсов в России: на него приходится около 5 % всего вырабатываемого объема электрической энергии и около 11 % дизельного топлива. При этом значительная часть энергоресурсов (около 85 % электроэнергии и 70 %

дизельного топлива приходятся на тягу поездов – работу по непосредственному выполнению перевозочного процесса).

В условиях необходимости поиска путей эффективного использования финансовых ресурсов, важнейшим направлением политики энергосбережения является качественный и всесторонний анализ данных о расходе энергии и факторах, оказывающих на него влияние с целью выявления элементов системы энергопотребления, на которые целесообразна выработка управляющих воздействий для сведения к минимуму случаев применения неоптимальных (с точки зрения энергетики) графиков движения поездов, а также использования неисправного подвижного состава. Упрощенная структура взаимосвязей в рассматриваемой предметной области приведена на рис. 1.

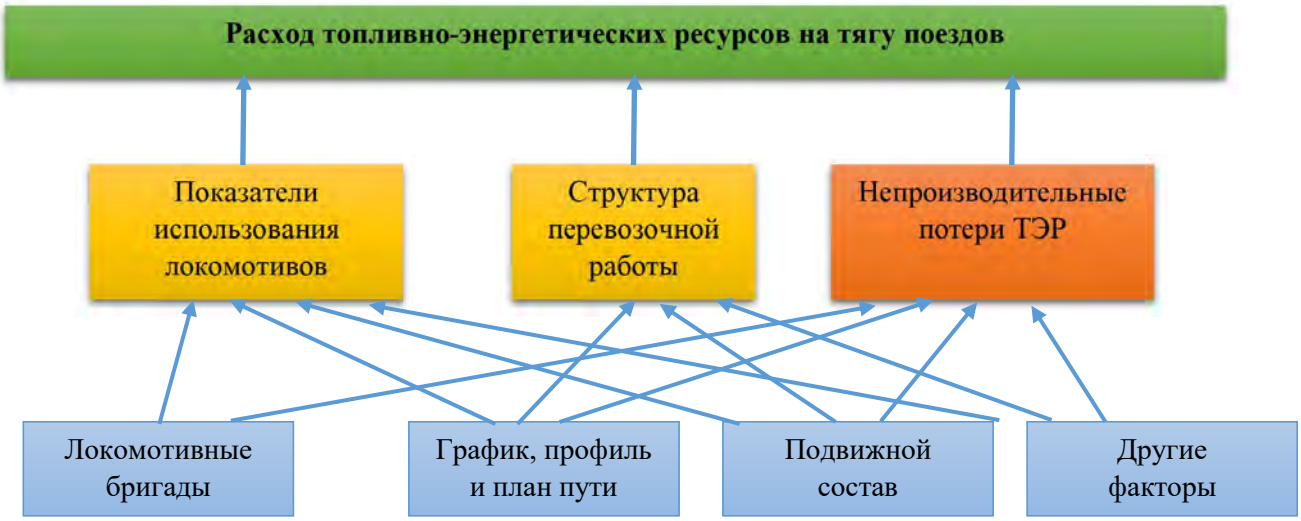


Рисунок 1. Структура взаимосвязей в системе управления энергопотреблением на тягу поездов

На рис. 1 к показателям использования локомотивов относится масса поезда, величина нагрузки на ось грузового вагона, техническая и участковая скорости, доля порожнего пробега грузовых вагонов; непроизводительные потери ТЭР – это простой подвижного состава в рабочем состоянии в ожидании работы, одиночное следование локомотивов, задержки поездов у запрещающих сигналов светофора, неграфиковые остановки, снижение скорости при проследовании мест с ограничением скорости и нагон опоздания поездов для вхождения в расписание. Под другими факторами подразумеваются прежде всего метеорологические факторы (температура атмосферного воздуха, ветер и т. д.), объем энергии рекуперации и применение различных энергосберегающих мероприятий и устройств.

Вся информация об указанных выше показателях (кроме метеофакторов) отражается в базе данных системы централизованной обработки маршрута машиниста (ЦОММ), автоматизированной системой управления «Нарушение безопасности движения», корпоративного информационного хранилища «Локомотивные парки» и др.

В настоящее время в информационных системах железнодорожного транспорта практически отсутствует аналитический аппарат [1-4]. Для решения указанных задач необходима зачастую трудоемкая ручная обработка в сторонних приложениях, что снижает оперативность принятия решений. Кроме того, в значительной части нормативных документов и методик применяется метод анализа от прошлого периода (месяца, квартала, года). При этом аналитику сложно сделать вывод – положительные или отрицательный эффект дали мероприятия этого года, простым снижением/увеличением

показателей здесь руководствоваться практически нереально ввиду специфики характера тягового энергопотребления.

Более 10 лет назад все железные дороги РФ перешли на единую систему ЦОММ, за этот период накоплен большой ретроспективный объем данных, которые при грамотном использовании инструментов интеллектуального анализа данных и технологий обработки больших данных могут дать возможность выявления новых закономерностей, что несомненно поможет сделать новый шаг в вопросах повышения энергетической эффективности тяги поездов [5-6].

Информация о расходе ТЭР на тягу поездов и влияющих на него факторах, обладает всеми необходимыми признаками bigdata. Понятие «большие данные» определяется через шесть основных свойств:

1 *Наличие большого объема* данных для того, чтобы обеспечить полноту и репрезентативность информации для реализации анализа энергопотребления на тягу.

2 Исходные данные для анализа могут быть как *структурированные, так и слабоструктурировнные и неструктурированные* (именно эти данные имеют потенциал для поиска скрытых закономерностей между показателями энергетической эффективности).

3 Данные должны *быстро и регулярно накапливаться* (ежедневно на сети железных дорог совершается несколько десятков тысяч поездок, данные о которых ложатся в базу маршрутов машинистов, из которых в свою очередь формируется информация для вышележащих уровней детализации данных).

4 *Вариативность и комплексность данных по времени*, выражаемая в непостоянстве информационных потоков и гетерогенности их источников (поездки совершаются в различных условиях (погода, профиль и план пути, характеристики грузов и работы), разными локомотивными бригадами, на разном подвижном составе и т. д.).

5 *Достоверность* – все результаты поездок заносятся в базу данных на основании объективной информации – показаний приборов учета и других источников, в информационных системах для обеспечения достоверности данных используется набор специальных проверок и входного контроля.

6 *Ценность*: согласно теории и практики применения методов анализа данных для получения репрезентативных результатов исследования необходимы как можно большие объемы данных.

Среди методов и техник для анализа больших данных в области энергетики тяги поездов целесообразно применять следующие:

1 *Машинное обучение* – для формирования и исследования математических моделей для реализации инновационных технологий нормирования показателей энергопотребления на тягу поездов. Потребует в первую очередь значительного увеличения ресурсов средств вычислительной техники, но это будет компенсировано оперативностью, достоверностью и точностью построенных решений и прогнозов.

2 Построение *частных нейросетевых моделей* для прогнозирования объемов энергопотребления и энергии рекуперации.

3 Собственно *технологии интеллектуального анализа данных* для добычи данных с целью их использования для прогнозирования, классификации, нейронных сетей, построения деревьев решений. Вызывают интерес такие задачи применения data mining как: анализ отклонений показателей, резко отличающиеся от генеральной совокупности (с целью выявления тяговых подвижных единиц для первоочередного направления на техническое обслуживание и ремонт, а также для определения локомотивных бригад, системно превышающих установленный нормативный расход ТЭР во всех поездках); кластеризация и классификация для распределения локомотивных бригад, локомотивов, подразделений по группам.

4 П*редиктивная аналитика* для решения задач планирования и прогнозирования энергопотребления и перевозочной работы на будущие периоды, выявления показателей, повлиявших на результат в уже прошедшем периоде.

5 Построение *имитационных моделей* для построения гипотез «что будет если изменить показатель *X*?».

6 *Визуализация данных* – для возможности оперативного анализа полученных результатов.

Приведем пример первичной обработки данных о 3738 поездках в электрической тяге, в грузовом движении на одном из наиболее грузонапряженных участков Транссибирской магистрали. Была построена модель по алгоритму «случайный лес классификации». В качестве параметра разбиения была выбрана нагрузка на ось грузового вагона (именно этот показатель в настоящее время считается основным при оценке энергетического результата поездки), в качестве выходной константы – расход ТЭР.

Таблица 1. Результат работы алгоритма «случайный лес» в табличной форме

Узел 1	Узел 2	Количество точек, попавших в ветвь	Среднее значение нагрузки на ось, т	Среднее отклонение в узле по нагрузке на ось, т	Результат «Факт ТЭР» в ветви
2	3	786	17,89109	34,67570	3105
4	5	139	14,52374	49,84656	900
		7	1,60000	6,40000	
		132	15,20909	42,82355	
6	7	647	18,61453	28,45701	7835
8	9	619	18,49483	28,68136	7690
10	11	613	18,56166	28,08187	6205
		530	18,37698	27,83822	
12	13	83	19,74096	28,02917	6530
		18	22,42778	3,85201	
14	15	65	18,99692	32,17168	6760
		15	16,17333	36,57929	
		50	19,84400	27,74006	
		6	11,66667	42,84889	
		28	21,26071	16,17810	

На рис. 2 представлено дерево решений после применения алгоритма «случайный лес». Планируется проведение дальнейших исследований по классификации показателей энергопотребления на тягу поездов и влияющих на него факторов. Результат работы алгоритмов классификации может быть использован при разработке новых алгоритмов определения норм удельного расхода ТЭР на различных уровнях организационной структуры. В настоящее время установленные нормы достаточно субъективны, во многом зависят от «экспертного мнения» специалиста по теплотехнической работе. Реализация подобных алгоритмов позволит оперативно учитывать изменение показателей энергопотребления.

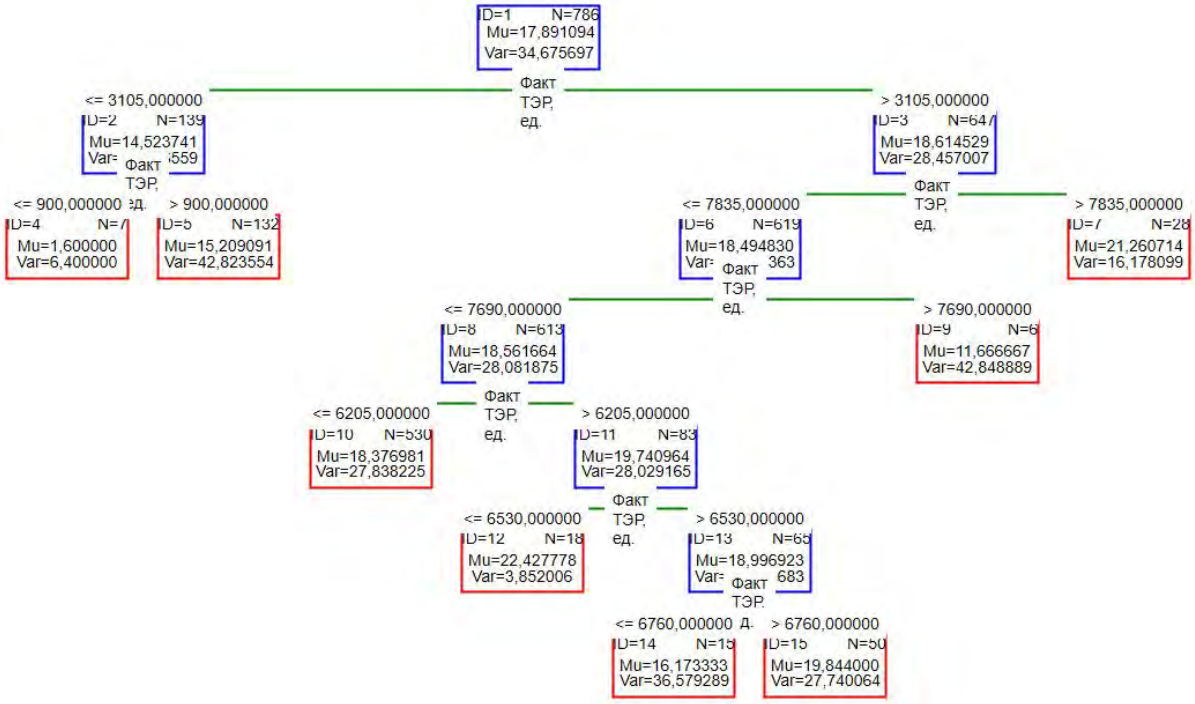


Рисунок 2. «Случайный лес» расхода ТЭР на тягу поездов по нагрузке на ось вагона

Исследование выполнено в рамках государственного задания № 109-03-2024-004 (научная тема *EKTY*-2023-0003) по теме «Разработка концептуальной модели системы поддержки принятия решений в области анализа и прогнозирования расхода топливно-энергетических ресурсов на тягу поездов».

Список литературы

[1] Davydov, A. Energy Efficiency Level Analysis of Train Traction in a Structural Unit / A. Davydov // Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles : Conference proceedings, St.Petersburg, 08–10 февраля 2022 года. Vol. 510-2. – Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2023. – P. 437-446. – DOI 10.1007/978-3-031-11051-1_43. – EDN CNVGMY.

[2] Сидорова, Е. А. Управление энергопотреблением на тягу поездов за счет повышения эффективности функционирования автоматизированной системы обработки информации об энергозатратах локомотивов / Е. А. Сидорова, С. П. Железняк, С. О. Подгорная. – Текст : непосредственный // Известия Транссиба. – 2018. – № 4 (36). – С. 143–154.

[3] Подгорная, С. О. Прогнозирование показателя энергетической эффективности локомотивов / С. О. Подгорная, Е. А. Сидорова, А. И. Давыдов. – Текст : непосредственный // Известия Транссиба. – 2022. – № 2 (50). – С. 85–95.

[4] Давыдов, А. И. Совершенствование информационного обеспечения анализа энергоэффективности тяги поездов / А. И. Давыдов // Научные революции: сущность и роль в развитии науки и техники : сборник статей по результатам Международной научно-практической конференции, Тюмень, 22 ноября 2022 года. – Стерлитамак: Общество с ограниченной ответственностью "Агентство международных исследований", 2022. – С. 74-76. – EDN BQZNQQ.

[5] Иванченко, В. И. Управление энергоэффективностью производственных процессов железнодорожных потребителей / В. И. Иванченко, А. А. Комяков // Известия Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова. – 2023. – № 2(66). – С. 1139-1144. – DOI 10.56634/16948335.2023.2.1139-1144. – EDN XODVVD.

[6] Комяков, А. А. Нормирование и прогнозирование расхода топливно-энергетических ресурсов в производственных процессах на железнодорожном транспорте с использованием информационных технологий / А. А. Комяков // Вестник Уральского государственного университета путей сообщения. – 2020. – № 2(46). – С. 35-43. – DOI 10.20291/2079-0392-2020-2-35-43. – EDN QUOGNQ.

Авторский вклад

Давыдов Алексей Игоревич – руководство исследованием по поиску технологий применения методов интеллектуального анализа данных для их реализации в системах поддержки принятия решения в области энергетики тяги поездов, формирование структуры статьи. Исследование методов анализа больших данных для применения в области энергетики тяги поездов.

Подгорная Светлана Олеговна – описание структуры взаимосвязей в системе управления энергопотреблением на тягу поездов, исследование современной информационной базы для проведения анализа энергопотребления на тягу поездов.

Соколов Максим Михайлович – оценка соответствия элементов базы данных о расходе энергии на тягу поездов и факторах, оказывающих на него влияние, признакам больших данных. Проведение расчетов в программном обеспечении StatSoft Statistica.

BIG DATA MINING IN THE POWER ENGINEERING OF TRAIN TRACTION

A.I. Davydov
Associate Professor of the Department of Information Security, Omsk State University of Railway Engineering, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Podgornaya S. O.
Associate Professor of the Department of Computer Science and Computer Graphics Omsk State University of Railway Engineering, Candidate of Technical Sciences

M. M. Sokolov
Associate Professor of the Department of Automation and Telemechanics Omsk State University of Railway Engineering, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

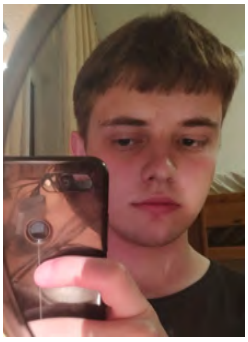
Abstract. The analysis of various approaches to the use of big data analysis technologies on the consumption of fuel and energy resources for train traction has been carried out to identify hidden patterns in order to develop measures to improve the energy efficiency of one of the most energy-intensive segments of the energy balance of both the railway industry and the country's industry as a whole.

The main methods and technologies of big data analysis are analyzed in order to apply them in the subject area under consideration.

Keywords: decision support, intelligent analysis, energy consumption, analysis, forecasting.

УДК 336.711:004.056.55

БЛОКЧЕЙН И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЦИФРОВЫХ ПЛАТЕЖНЫХ СИСТЕМ



Е. А. Гриз
Инженер-программист ОИТ ЦИИР
evgeniy.hryz@gmail.com

С.Н. Нестеренков
Кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерных систем и сетей
s.nesterenkov@bsuir.by

Д.В. Кишкевич
Инженер-программист ОИТ ЦИИР
dkishkevich6@gmail.com

Е.А. Гриз
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2022 году по специальности «Вычислительный машины системы и сети». Инженер-программист в отделе информационных технологий ЦИИР БГУИР.

С.Н. Нестеренков
Кандидат технических наук, доцент, декан факультета компьютерных систем и сетей Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники, доцента кафедры программного обеспечения информационных технологий. Автор публикаций на тему машинного обучения, алгоритмов принятия решений, искусственных нейронных сетей и автоматизации.

Д.В. Кишкевич
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2022 году по специальности «Вычислительный машины системы и сети». Инженер-программист в отделе информационных технологий ЦИИР БГУИР.

Аннотация. Блокчейн технология, впервые представленная в криптовалютах, ныне становится катализатором существенных изменений в мире финансовых транзакций. Данная статья стремится определить недостатки, характерные для традиционных платежных систем, и рассмотреть технологию блокчейн и ее реализацию в криптовалютах, как потенциальное решение этих недостатков. Статья показывает как преимущества блокчейн-систем, так и новые проблемы, возникающие при использовании этой технологии в платежных системах.

Ключевые слова: Блокчейн, криптовалюты, *Bitcoin*, платежные системы.

Введение. С распространением использования интернета для совершения покупок и интернет-банкинга цифровые платежные системы стали все более популярными. При осуществлении покупок в интернете всегда вовлечены цифровые транзакции. Наиболее распространенным случаем транзакции является банковская операция по оплате банковской платёжной картой в торгово-сервисном предприятии. Обмен какого-либо товара на цифровой платеж с помощью банковской карты состоит из следующих этапов:

1 Инициатор транзакции (потребитель) использует платежную карту для оплаты

товара/услуги. Платежную карту выпускает банк-эмиттер.

2 Платежная карта считывается подходящим терминалом, терминал обслуживается банком-эквайером, с которым владелец торговой точки заключил соглашение. Данные карты отправляются в банк-эквайер с целью аутентификации. Далее, информация передается от банка-эквайера в платежную систему, обслуживающую соответствующую карту. В платежной системе проводится проверка наличия платежных данных карты в стоп-листе, и в зависимости от результата транзакция либо отклоняется, либо одобряется. В случае одобрения, она направляется в банк-эмитент, выпустивший карту и обслуживающий связанный с ней банковский счет клиента.

3 Затем уже в банке-эмитенте проводится процесс авторизации для подтверждения того, что карту использует тот человек, которому она принадлежит. Происходят проверки остатка средств на банковском счете клиента или платежного лимита. Если все проверки пройдены успешно, операциия одобряется эмитентом, и ответ отправляется в торговую точку.

4 Эмитент переводит эквайеру сумму запрашиваемых средств по транзакции и комиссию платежной системы за ее обработку. В это время с клиентского счета списывается оплаченная клиентом сумма (для дебетовых карт) или уменьшается доступный кредитный лимит (для кредитных карт).

5 Транзакция считается завершенной, когда в торговую точку приходит ответ с результатом (одобрение или отказ).

Зачастую транзакции требуют отправку персональных данных для авторизации и валидации перечисляемых средств, а также для того, чтобы зарегистрировать транзакцию.

Каждая транзакция между участниками записывается организацией в реестре (*ledger*), ведущей учет транзакций. В каждой записи о транзакции содержатся конфиденциальные данные. В эти данные может входить: идентификация товара, участвующего в обмене, реквизиты для авторизации, сумма перечисляемых средств. По данным транзакции легко можно установить личности участников, или определить организацию-участник. Это свойство доступно для всех участников транзакции.

Помимо этого, у каждого участника может быть свой реестр транзакций. В таком случае будет записано несколько версий транзакции в разных местах.

Процессинг платежных карт требует вычислительные, сетевые ресурсы, память, а также техническую поддержку и менеджмент. Все это означает расходы, которые в конечном итоге передаются для оплаты потребителю.

В этих условиях возникает необходимость в едином учете транзакций, способному зашифровывать передаваемые данные, свести к минимуму обмен конфиденциальной информацией, а также избавиться от необходимости сторонней валидации. Все эти проблемы может решить блокчейн-технология.

Основная цель этой статьи – общее описание блокчейн-технологии, ее использование в системах обработки платежей. Показаны преимущества платежных систем, основанных на блокчейн-технологии над традиционными платежными системами.

Блокчейн технология. Блокчейн – это распределенная технология учета транзакций. Технология основана на хранении данных в виде последовательности блоков, такая структура данных называется цепочкой блоков. При этом каждый следующий блок создается на основе предыдущего с использованием криптографического хеша.

Блокчейн-технология устраняет необходимость в сторонней валидации и верификации участников и данных.

Структура данных блокчейн. Блокчейн представляет собой связанный список блоков, представляющий всю историю транзакций системы. Все транзакции записываются группами в блоках, в заголовке блока есть момент времени создания транзакции, хеш-указатель на предыдущий блок и другая информация. Хеш-указатель

рассчитывается на основе заголовка предыдущего блока. Таким образом, изменение данных в блоке приведет к изменению хеша этого блока, а, следовательно, изменению всех последующих блоков в списке. То есть изменение транзакции не останется незамеченным в цепочке.

Протокол консенсуса. Консенсус – это процесс, согласно которому распределенная система соглашается об определенном решении. Существует несколько способов определения участников консенсуса:

1 *Proof of Authority* (*PoA*) – участники консенсуса определяются заранее.

2 *Proof of Stake* (*PoS*) – участники консенсуса определяются динамически, основываясь на том, у кого есть больше всего цифровой валюты.

У криптовалюты *Bitcoin* [1] набор участников заранее неизвестен, поэтому здесь используется другой механизм определения участников консенсуса. Он основан на концепте *Proof Of Work* (*PoW*) – криптографическое доказательство, которое подтверждает, что определенная сторона затратила некоторые вычислительные усилия.

Открытые и закрытые блокчейн-системы. В открытых (*permissionles*) блокчейн-системах любой желающий может обрабатывать и отправлять транзакции, а также участвовать в консенсусе. Одним из реализаций открытого блокчейна является криптовалюта *Bitcoin*, любой может присоединиться к сети и участвовать в процессе консенсуса. Для участия в закрытых блокчейн системах (*permissioned*) необходимо приглашение, администраторы сети могут определять кто может читать записи транзакций, кто может отправлять их, и кто может участвовать в процессе консенсуса.

Открытые блокчейн-системы обычно поддерживают огромные реестры транзакций, что сказывается на объеме ресурсов нужных для их обработки. В закрытых системах только определенные узлы сети могут участвовать в процессе консенсуса, поэтому такие системы более безопасны.

Процесс обработки транзакций в блокчейн-системе *Bitcoin*. В *Bitcoin* процесс консенсуса заключается в определении того узла, который предложит следующий блок для добавления в блокчейн. При этом чтобы добавление прошло успешно, все остальные узлы должны признать этот блок валидным.

Если каждый участник сети сможет предлагать изменения в блокчейн, то это приведет к слишком большому числу конфликтующих предложений для добавления. Для этого процесса должен быть выбран только один участник, выбор происходит путем вычисления хеш-значения от блока транзакции меньше определенного порогового значения. Первый участник, который подберет хеш, удовлетворяющий условию, получит право на предложение нового блока. Такие участники называются майнерами.

Величина числа, с которым сравнивается очередной хеш постоянно корректируется. Это сделано для того, чтобы скорость обработки транзакций не зависела от общей вычислительной мощности сети *Bitcoin*.

Майнеры получают за свою работу вознаграждение в виде комиссии, которая списывается со счета инициатора транзакции. При этом инициаторы транзакций могут сами назначать размер комиссии. Поэтому высокая комиссия для майнеров в транзакции повышает шансы на то, что транзакция будет добавлена в следующий блок.

Рассмотрим взаимодействие участников децентрализованной сети в процессе обработки транзакций в криптовалюте *Bitcoin*.

1 Пользователь отправляет информацию о транзакции на сервер децентрализованной сети.

2 Сервера получают транзакции и перенаправляют их дальше. Транзакции распространяются по сети и достигают майнеров, которые в свою очередь формируют из этих транзакций блоки. Блок включает в себя заголовок и список транзакций. Заголовок блока содержит свой уникальный хеш, хеш предыдущего блока, а также хеши транзакций.

Для хеширования транзакций используется дерево Меркла [2]. Деревом Меркла называется структура данных, используемая для эффективного хранения хеш-значений транзакций. Это дерево представляет собой полное двоичное дерево, в листьях которого содержатся хеш-значения отдельных транзакций, в остальных вершинах содержатся хеши от сложения значений в дочерних вершинах.

3. Сервер отправляет блок остальным участникам сети, которые валидируют блок. Если остальные участники не нашли ошибок в блоке, то блок добавляется каждым участником в блокчейн.

Возможна ситуация, когда два разных майнера одновременно добавят разные блоки в блокчейн, такое называется ветвлением (*fork*). Для решения этой проблемы в *Bitcoin* есть два механизма:

1 Корректирование сложности подбора хеша для нового блока. Если блоки создаются слишком быстро или слишком медленно, то сложность подбора хеша будет увеличена или уменьшена.

2 Единый для всех участников порядок действий в случае появления разветвления в цепочке. По правилам *Bitcoin* цепочка с наибольшим количеством проделанной работы (самая длинная цепь) считается правильной, а другая ветвь должна быть исключена из блокчейн [3]. Учитывая это, если транзакция попала в новый блок, это не означает, что блок окончательно помещен в цепочку. Позднее цепочка может быть реорганизована из-за того, что ранее произошло разветвление.

Аутентификация пользователей в *Bitcoin*. В криптовалюте *Bitcoin* нет традиционных имени пользователя и пароля для входа в аккаунт, с которым связан счет. Вместо этого каждый пользователь генерирует пару из закрытого и открытого ключей. Закрытый ключ используется для цифровой подписи транзакций, которые создаются пользователем. Для идентификации аккаунта используется открытый ключ, он также нужен остальным участникам сети для того, чтобы они могли отправлять средства на этот аккаунт.

Преимущества использования блокчейн-технологии в платежных системах.

1 Прозрачность и доступность данных. В блокчейн-системах все транзакции доступны всем участникам системы, помимо этого записи в блокчейн неизменяемые. Неизменяемая цепочка транзакций в блокчейне обеспечивает точный учет финансовых операций и упрощает процессы аудита. Прозрачность блокчейн-систем позволяет быстро и надежно проводить аудит, что является важным элементом финансовой отчетности.

2 Децентрализация. Одним из главных преимуществ блокчейна является децентрализация. Вместо централизованных структур, блокчейн распределяет данные о транзакциях по всей сети узлов, что делает систему устойчивой к отказам. Отсутствие единой точки отказа обеспечивает более высокий уровень доступности и надежности, что критично для систем обработки платежей. Децентрализация позволяет избавиться от промежуточных финансовых организаций, участвующих в централизованных системах обработки платежей. Это приводит к уменьшению затрат на обработку транзакций.

3 Безопасность и устойчивость. Благодаря применению криптографии, блокчейн обеспечивает высокий уровень безопасности. Каждая транзакция защищена и неизменна, что существенно снижает риски несанкционированного доступа и атак.

4 Смарт-контракты и автоматизация. Смарт-контракты, программируемые условия соглашений, предоставляют автоматизированный механизм выполнения обязательств при определенных условиях. В системах обработки платежей это означает более эффективную обработку транзакций, исключение необходимости в промежуточных структурах и снижение риска человеческих ошибок.

Проблемы при использовании блокчейн-технологии в платежных системах:

1 Нестабильность. Рынки криптовалют подвержены резким колебаниям цен,

которые могут происходить в короткие сроки. Эта нестабильность создает неопределенность и риски как для инвесторов, так и для пользователей криптовалютных платежных систем. В попытке решения этой проблемы некоторые криптовалюты привязывают цену одного токена к реальной валюте (*stablecoin*) [4].

2 Скорость обработки транзакций. Пропускная способность криптовалюты рассчитывается как число обрабатываемых транзакций в минуту. Окончательность (*finality*) – это время, которое требуется для того, чтобы транзакция была окончательно записана в блокчейн. Из-за того, что *Bitcoin* позволяет разветвления, окончательность у этой криптовалюты никогда не достигается. Должно пройти около одного часа, прежде чем вероятность того, что транзакция будет отменена, становится достаточно низкой.

3 Размер блокчейн. Одной из проблем многих криптовалют – это то, что размер всей истории транзакций быстро разрастается до больших размеров. Пользователи, которые просто хотят попробовать использовать криптовалюту, вынуждены сначала скачивать большой объем транзакций для взаимодействия с сетью.

4 Конфиденциальность. *Bitcoin* позволяет просмотреть всю историю транзакций аккаунта, если известен его открытый ключ. То есть единственное свойство анонимности, которое *Bitcoin* предоставляет – это то, что аккаунт привязан только к открытому ключу. До тех пор, пока никто не установил соответствие публичного ключа с реальным человеком, этот человек остается анонимным.

5 Энергоэффективность. Алгоритм консесуса *Bitcoin* требует больших затрат электроэнергии. В связи с этим, многие современные криптовалюты избегают консенсуса на основе *PoW*. На момент написания статьи (январь 2024) потребление электричества криптовалютой *Bitcoin* составило 0,73% от общего потребляемого электричества в мире [5].

Заключение. В статье было описано проведения транзакции с использованием банковской карты и показаны недостатки этого процесса. Была рассмотрена технология блокчейн как потенциальное решение проблем традиционных централизованных платежных систем. Блокчейн, в частности криптовалюты, решают некоторые проблемы централизованных платежных систем.

Работа блокчейна была рассмотрена на примере криптовалюты *Bitcoin*. Основное отличие *Bitcoin* от централизованных платежных систем – это ее децентрализованная аркитектура и возможность участия в сети для любого человека. Однако криптовалюты создают и ряд новых проблем: нестабильность курса, конфиденциальность, энергоэффективность.

Список литературы

[1] Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System // Bitcoin URL: https://bitcoin.org/bitcoin.pdf (дата обращения: 29.01.2024).

[2] Wong D. Real-world cryptography. - 1-е изд. - Shelter Island, NY: Manning Publications Co., 2021. - 370 с.

[3] Vojislav B.M., Jelena M., Xiaolin C. On Forks and Fork Characteristics in a Bitcoin-Like Distribution Network // 2019 IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain). - Atlanta, GA, USA: IEEE, 2019.

[4] Makiko M., Kensuke I., Shohei O., Hideyuki T What is Stablecoin?: A Survey on Price Stabilization Mechanisms for Decentralized Payment Systems // 2019 8th International Congress on Advanced Applied Informatics (IIAI-AAI). - Toyama, Japan: IEEE, 2020.

[5] Cambridge Bitcoin Electricity Consumption Index // The Cambridge Centre for Alternative Finance URL: https://ccaf.io/cbnsi/cbeci (дата обращения: 29.01.2024).

Авторский вклад

Гриз Евгений Анатольевич – анализ недостатков традиционной платежной системы с участием финансовых организаций для обработки транзакций, исследование принципов работы современных криптовалют, подробное изучение механизма работы криптовалюты Bitcoin.

Кишкевич Дмитрий Витальевич – анализ преимуществ, возникающих при использовании технологии блокчейн в платежных системах, а также исследование возникающих при этом проблем.

Нестеренков Сергей Николаевич – формирование темы исследования, постановка задачи, подбор списка источников.

BLOCKCHAIN AND THE EFFICIENCY OF DIGITAL PAYMENT SYSTEMS

Y.A. Hryz
Software engineer of Information technologies department

S.N. Nesterenkov
PhD, Associate Professor, Dean of the Faculty of Computer Systems and Networks

D.V. Kishkevich
Software engineer of Information technologies department

Annotation. Blockchain technology, first introduced in cryptocurrencies, is now becoming a catalyst for significant changes in the world of financial transactions. This article seeks to identify the shortcomings inherent in traditional payment systems and examine blockchain technology and its implementation in cryptocurrencies as a potential solution to these shortcomings. The article shows both the advantages of blockchain systems and new problems that arise when using this technology in payment systems.

Keywords: blockchain, cryptocurrencies, Bitcoin, payment systems

УДК 5378:311

ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БОЛЬШИХ ДАННЫХ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ В ВУЗЕ

К.В. Трубицын
Декан теплоэнергетического факультета СамГТУ, кандидат экономических наук, доцент
Trubitsyn.KV@samgtu.ru

О.Ю. Калмыкова
Доцент кафедры управления и системного анализа теплоэнергетических и социотехнических комплексов СамГТУ, кандидат педагогических наук, доцент oukalmiykova@mail.ru

К.В. Трубицын

Окончил Самарский государственный технический университет. Область научных интересов связана с разработкой математических моделей различных социотехнических процессов, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

О.Ю. Калмыкова

Окончила Государственный университет управления (г. Москва). Область научных интересов связана с исследованием методики обучения в техническом университете; практических аспектов реализации кадровой политики современной организации; методов управления организационными конфликтами и профессиональными стрессами в трудовом коллективе.

Аннотация. Статья посвящена анализу использования методов и технологий Big Data для управления процессом обучения в вузе. Продолжена дискуссия об актуальности разработки и реализации программ повышения квалификации, направленных на формирование компетенций преподавателей в области применения методов анализа данных в образовательном процессе и совершенствованию методики обучения и педагогического дизайна в рамках цифровой педагогики. На основе анализа научных публикаций по проблеме исследования сформирован перечень потенциальных рисков применения технологий Big Data в образовательном процессе вуза. Представлены результаты экспертного опроса. Обсуждается значимость формирования компетенций педагогических работников в области анализа больших данных для решения образовательных задач вуза.

Ключевые слова: большие данные, анализ образовательных данных, цифровая педагогика, индивидуальная образовательная траектория, электронная информационно-образовательная среда, профессионально-квалификационный риск.

Введение. В условиях трансформации системы высшего образования в контексте внедрения цифровых образовательных технологий существует актуальная проблема анализа и определения теоретических, методических и психолого-педагогических основ процесса применения методов и технологий анализа больших данных в образовательном процессе и повышения уровня сформированности компетентности научно-педагогических работников в области применения методов анализа и интерпретации данных образовательного процесса, которые формируются в цифровой образовательной среде. Применение методов анализа больших данных в образовательном процессе предполагает анализ: комплекса персонализированных образовательных ресурсов; результатов учебной, научной и проектной деятельности студентов (студенческих команд) в рамках образовательной стратегии реализации индивидуальных образовательных траекторий в

вузе. Формирование данных компетенций является одним из необходимых условий повышения эффективности профессиональной деятельности научно-педагогических работников высшей школы в условиях модернизация образовательного процесса и цифровой экономики. Цифровая трансформация актуализирует изменения в методике и организационных формах процесса обучения в высшей школе [1].

В статье осуществлен анализ научных публикаций по проблеме применения методов анализа и интерпретации больших данных в образовательном процессе в вузе, включающей следующие вопросы:

– разработка организационных, методических и психолого-педагогических рекомендаций по применению методов больших данных в образовательном пространстве вуза;

– идентификация, анализ и оценка профиля организационных, профессионально-квалификационных и личностных рисков, которые могут проявляться в результате применения методов больших данных в образовательном процессе вуза;

– оценка значимости компетенций преподавателей в области применения больших данных в образовательном процессе и разработка программ повышения квалификации, направленных на формирование данного вида компетенций научно-педагогических работников высшей школы.

Актуальной является проблема выбора методов учебной аналитики результатов образовательного процесса. В статье Е.Ю. Огурцова, Р.Н. Фадеева рассматривается проблема использования больших данных и цифровой аналитики в системе университетского образования. Подчеркивается тенденция использования больших данных для решения комплекса различных задач в рамках осуществления учебной аналитики. Авторами анализируются источники и потенциальные риски применения методов больших данных в образовательном процессе в вузе [2]. В исследовании О.А. Фиофановой анализируются тенденции развития методов аналитики образовательных данных в целях совершенствования образовательной стратегии и управления образовательными процессами. Автором монографии разрабатываются принципы и методы по использованию анализа данных об образовании, формированию программ повышения квалификации по повышению профессиональной компетентности педагогических работников в области анализа больших данных [3]. В статье И.Г. Захаровой проанализированы тенденции процесса совершенствования управления образовательным процессом вуза на основе концепции *Big Data*. Сформированы практические рекомендации по реализации технологий *Big Data* для эффективного управления процессом обучения студентов на уровне реализации индивидуальных образовательных траекторий [4].

Компетенции в области анализа больших данных необходимы научно-педагогическим работникам для обоснования различных направлений психолого-педагогической деятельности (учебно-познавательной, проектной, воспитательной, исследовательской, коммуникативной и др.); совершенствования методов и методики обучения в рамках цифровой педагогики; анализа системы студенческих коммуникаций. В исследовании А.Б. Кондратенко, Б.А. Кондратенко осуществлен анализ функционально-позитивных факторов, характеризующих потенциальные возможности различных вариантов применения технологии больших данных для совершенствования образовательного процесса: разработка образовательных траекторий, обеспечивающих персонализированное развитие необходимых профессиональных компетенций студентов; мониторинг траектории профессионального развития студентов; эффективное управление образовательным процессом и др. [5]. Исследователи в статье [6] анализируют потенциальные риски массового внедрения больших данных в процессе цифровой трансформации образовательного процесса. В статье И.Ю. Василенко, Д.А. Токарева, А. Н.

Балабанова рассмотрены возможные направления применения технологии Big Data при работе с психометрическими данными образовательного процесса. Авторы считают, что необходимо разрабатывать методики визуализации информации, полученной при работе с большими данными в педагогике и психометрии [7]. В исследовании О.В. Витченко, М.Б. Стрюкова, Ю.В. Дашко сформирован перечень психолого-педагогических задач, решаемых на основе метода анализа данных в рамках реализации электронной информационно-образовательной среды в образовательном пространстве вуза [8].

В статье О.А. Фиофановой представлена сравнительная характеристика основных стратегий реализации технологии больших данных в образовании: анализ систем электронного обучения и электронных портфолио студентов, цифровых следов обучающихся, электронных образовательных платформ; анализ успешных практик формирования компетентности педагогических работников по анализу данных в образовательном процессе [9]. В исследовании И.М. Артамонова, Я.Н. Артамоновой, Е.В. Юркиной сформированы научно-практические рекомендации по сбору и анализу больших данных в процессе обучения: разрабатывается подход к проектированию структуры сбора и анализа видеоданных об эмоциях субъектов команды, участвующей в компьютерной игре; анализируется связь динамических показателей деятельности команды и результативности игры [10]. В статье А.А. Дерябина, А.А. Попова проведен анализ понятия «дата-грамотность» как новой цифровой компетенции в социальной практике и в образовательном процессе. Авторы формируют принципы построения образовательных программ, направленных на реализацию процесса формирования дата-компетенций обучаемых [11].

В исследовании Т.В. Бугайчук, П.А. Поляковой рассматриваются психологические аспекты реализации технологии Big Data на примере дистанционного обучения в вузе. Авторами сформированы практические рекомендации по поддержке преподавателей в работе с большим объемом информации и минимизации психолого-педагогических и организационных рисков [12]. В статье А.И. Каптерева представлены результаты разработки и реализации различных вариантов виртуальных лабораторий, которые могут рассматриваться как цифровая платформа анализа больших данных в образовательном процессе вуза [13]. В исследовании И.Н. Лескиной рассматриваются аспекты повышения качества и эффективности профессиональной деятельности преподавателей в условиях применения данных об образовании в цифровой образовательной среде. Автор анализирует процесс формирования «комплексных профессиональных компетенций» педагогов, работающих с большими данными в образовании, как ключевое условие профессионального развития педагогических работников [14]. В статье Е.В. Ширинкиной проанализирована методология *Data Driven*: рассматриваются принципы и методы реализации аналитики больших данных в образовании в условиях цифровизации [15]. В исследовании В.И. Токтаровой, О.Г. Поповой проанализированы направления применения методов интеллектуального анализа образовательных данных для реализации персонализированной среды обучения: прогноз успешности студентов в процессе обучения на основе анализа индивидуальных характеристик и образовательных результатов; формирование индивидуальной траектории профессионального развития [16].

В статье Малахова В.В., Смышляевой Л.Г. представлены результаты применения технологий больших данных в практике учебной работы в контексте развития личностного потенциала обучающихся СПО. Авторы рассматривают применение технологий больших данных в образовательном процессе как один из организационно-педагогических методов управления развитием учащихся [17]. В исследовании Д.А. Бояринова проанализированы различные сценарии применения больших данных, исследованы специфика и номенклатура больших данных как

компонентов процесса педагогического проектирования дополнительных профессиональных образовательных программ, в условиях применения цифровых образовательных платформ [18].

Анализ научных публикаций по рассматриваемой тематике показывает, что к настоящему моменту накоплен большой комплекс исследований, посвященных проблеме применения больших данных в образовательном процессе вуза [1-18]:

– исследование способов получения информации о качестве учебно-методических разработок;

– совершенствование методики анализа и интерпретации информации о взаимодействии студентов с электронными системами обучения;

– анализ потенциальных возможностей и рисков использования электронных сервисов и информационных систем в целях реализации задач построения аналитической отчетности в образовательном процессе;

– формирование комплекса методов анализа данных об индивидуальных, личностных, когнитивных основаниях персонализации образования в рамках цифровой образовательной платформы;

– совершенствование методов управления образовательным контентом на основании технологии анализа данных о познавательных интересах и потребностях студентов;

– проектирование актуальных для рынка труда образовательных программ на основе методов больших данных;

– разработка алгоритмов, позволяющих диагностировать и оценивать уровень вовлеченности студентов в учебный процесс на лекционных и практических занятиях (оценить активность студента, работу в команде, проанализировать групповую проектную работу и др.).

– совершенствование способов анализа психологического и социального самочувствия студентов в процессе обучения в вузе;

– исследование методов прогнозирования развития «траекторий» учебной и научно-исследовательской деятельности студентов различных специальностей и направлений подготовки;

– совершенствование методики обучения: разработка моделей и способов представления знаний в предметной области;

– проведение мониторинга уровня сформированности профессиональных компетенций студентов и др.

Методы и материалы. В данном исследовании были использованы следующие методы: беседа, анкетный опрос, экспертный опрос.

На основе анализа научных публикаций был сформирован перечень потенциальных профессионально-квалификационных, организационно-технологических и личностных рисков, которые могут проявиться в процессе применения больших данных в образовательном процессе в вузе (табл. 1) [1-18].

С целью формализации потенциальных профессионально-квалификационных, организационно-технологических и личностных рисков процесса использования больших данных в образовательном процессе вуза использован метод экспертной оценки. В оценке потенциальных рисков процесса применения больших данных в образовательном процессе в вузе участвовали три эксперта из числа профессорско-преподавательского состава. Эксперты осуществляли оценку величины последствий и вероятности проявления каждого вида потенциальных рисков. В таблице 2 представлен фрагмент оценки потенциальных рисков процесса применения больших данных в образовательном процессе вуза.

Таблица 1. Риски, возникающие в процессе применения больших данных в образовательном процессе в вузе

№	Группы кадровых рисков	Характеристика риска
1	Профессионально-квалификационные риски	1.1 Риск нарушения конфиденциальности информации в образовательной среде: личной информации студентов. 1.2 Риск недостаточного уровня сформированности цифровой компетентности педагогических работников. 1.3 Риск нарушения педагогическими работниками этических норм в электронном образовательном пространстве. 1.4 Риск возникновения проблемы интерпретации данных о учебно-познавательной деятельности студентов.
2	Организационно-технологические	2.1 Риск повышения дополнительных затрат для хранения и управления большим объемом собранных данных. 2.2 Риск повышения трудоемкости начальных этапов исследований с применением анализа больших данных. 2.3 Риск подмены цифровизации образования оцифровкой [1] 2.4 Риск диктата разработчиков цифровых средств [1]
3	Личностные риски	3.1 Риск невысокой потенциальной готовности педагогических работников к активному применению методов аналитики данных в своей педагогической деятельности. 3.2 Риск повышения уровня информационной усталости педагогических работников в процессе работы в электронном образовательном пространстве.

(Составлено авторами на основе [1-18])

Таблица 2. Результаты оценки потенциальных рисков процесса применения больших данных в образовательном процессе в вузе

Возможные риски	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Ср. балл оценки	Эксперт 1	Эксперт 2	Эксперт 3	Ср. балл оценки
	(оценка значимости)				(оценка частоты проявления)			
1 Профессионально-квалификационные риски								
1.1 Риск нарушения конфиденциальности информации в образовательной среде: личной информации студентов	50	25	50	41,6	0,25	0,25	0,25	0,25
1.2. Риск недостаточного уровня сформированности цифровой компетентности педагогических работников	50	75	50	58,3	0,50	0,75	0,50	0,58
1.3. Риск нарушения педагогическими работниками этических норм в электронном образовательном пространстве	25	25	25	25	0,50	0,25	0,25	0,33
1.4. Риск возникновения проблемы интерпретации данных о учебно-познавательной деятельности студентов	75	50	50	58,3	0,50	0,50	0,50	0,50
2 Организационно-технологические риски								
2.1. Риск повышения дополнительных затрат для хранения и управления большим объемом собранных данных	50	50	25	41,6	0,75	0,25	0,50	0,50
2.2. Риск повышения трудоемкости начальных этапов исследований с применением анализа больших данных	25	25	25	25,0	0,25	0,50	0,25	0,33
2.3. Риск подмены цифровизации образования оцифровкой [1]	50	75	50	58,3	0,50	0,75	0,50	0,58
2.4. Риск диктата разработчиков цифровых средств [1]	50	50	25	41,6	0,75	0,25	0,50	0,50

Окончание таблицы 2

3 Личностные риски								
3.1. Риск невысокой потенциальной готовности педагогических работников к активному применению методов аналитики данных в своей педагогической деятельности	50	50	75	58,3	0,75	0,75	0,50	0,66
3.2. Риск повышения уровня информационной усталости педагогических работников в процессе работы в электронном образовательном пространстве	50	25	25	33,3	0,50	0,25	0,75	0,50

(Составлено авторами на основе [1-18])

Наибольшие значения набрали следующие риски: риск недостаточной цифровой компетентности педагогических работников (0,58); риск подмены цифровизации образования оцифровкой (0,58); риск невысокой потенциальной готовности педагогических работников к активному применению методов аналитики данных в своей педагогической деятельности (0,66).

В анкетном опросе «Оценка значимости компетенций преподавателей вуза в области использования больших данных в образовательном процессе» приняли участие две группы респондентов:

– преподаватели, которые являлись слушателями программы повышения квалификации «Педагогическая компетентность преподавателя технического вуза» (17 респондентов, из них 10 мужчин; возраст респондентов – 45 - 65 лет);

– преподаватели, которые являлись слушателями программы переподготовки «Преподаватель высшей школы» (20 респондентов, из них 11 мужчин; возраст респондентов – 22 – 30 лет).

В процессе анкетного опроса респонденты оценивали значимость компетенций в области применения больших данных в образовательном процессе для педагогической деятельности преподавателя вуза (таблица 3). Перечень предлагаемых для оценки компетенций был сформирован на основе анализа научных публикаций по проблематике данного исследования [1-16].

Таблица 3. Оценка значимости компетенций преподавателей вуза в области применения больших данных в образовательном процессе

Группы респондентов / Типы компетенций	Преподаватели, слушатели программы повышения квалификации		Преподаватели, слушатели программы переподготовки	
	Средний балл	Поставили выше 3 баллов, %	Средний балл	Поставили выше 3 баллов, %
Знание методов анализа данных в образовательной среде	4,6	85,3	4,8	82,5

Продолжение таблицы 3

Группы респондентов / Типы компетенций	Преподаватели, слушатели программы повышения квалификации		Преподаватели, слушатели программы переподготовки	
	Средний балл	Поставили выше 3 баллов, %	Средний балл	Поставили выше 3 баллов, %
Знание методов проектирования педагогической деятельности на основе анализа данных	4,5	84,5	4,6	81,3
Способность управлять образовательным контентом на основании методов анализа данных о познавательных интересах студентов	4,8	85,6	4,8	84,5
Умение осуществлять анализ образовательных результатов студентов на базе цифровых ресурсов и информационных сервисов;	4,7	85,3	4,9	82,5
Умение разрабатывать методические рекомендации для студентов по использованию цифровых образовательных ресурсов	4,6	86,5	4,7	82,7
Умение осуществлять комплексный анализ структуры и содержания цифрового портфолио студента	4,7	85,6	4,9	82,5
Способность осуществлять прогноз успеваемости студента (студенческой группы), индивидуального образовательного продвижения на основе анализа и интерпретации данных образовательного процесса	4,8	83,5	4,9	81,2
Умение соблюдать этические нормы в электронном образовательном пространстве	4,9	85,3	4,9	82,5
Способность получать детализированную информацию о различных видах деятельности студентов для своевременной диагностики и профилактики учебно-познавательных или психологических проблем	4,7	85,6	4,8	82,5
Способность совершенствовать методику обучения в соответствии с познавательными возможностями, выявленным у студентов на основании методов использования больших данных	4,5	85,7	4,4	83,4
Способность разрабатывать алгоритмы, позволяющие диагностировать и оценивать уровень вовлеченности студентов в познавательный процесс на лекционных и практических занятиях	4,5	84,5	4,6	81,6
Владеть методами анализа цифровых следов студентов	4,6	83,6	4,6	79,5

Окончание таблицы 3

Группы респондентов / Типы компетенций	Преподаватели, слушатели программы повышения квалификации		Преподаватели, слушатели программы переподготовки	
	Средний балл	Поставили выше 3 баллов, %	Средний балл	Поставили выше 3 баллов, %
Владеть методами анализа данных о познавательных, индивидуально-личностных характеристиках студентов в целях формирования индивидуальных образовательных траекторий	4,5	83,5	4,7	82,3

(Составлено авторами на основе [1-18])

Результаты анкетного опроса демонстрируют, что компетенции в области применения больших данных в образовательном процессе имеют большое значение для повышения качества профессиональной деятельности преподавателей в вузе. Высокие значения имеют показатели:

– способность управлять образовательным контентом на основании методов анализа данных о познавательных интересах и потребностях студентов;

– умение проводить анализ образовательных результатов студентов на основе использования цифровых ресурсов;

– способность осуществлять прогноз успеваемости студента (студенческой группы), индивидуального образовательного продвижения на основе анализа и интерпретации данных образовательного процесса;

– умение соблюдать этические нормы в электронном образовательном пространстве.

Авторами статьи были проведены беседы с преподавателями на тему: «Совершенствование программ повышения квалификации преподавателей вуза в контексте цифровой педагогики». При ответе на вопрос: «Какие аспекты процесса применения больших данных в образовательном процессе необходимо включать в содержание программ повышения квалификации?» большинство педагогов перечислили следующие темы:

– применение методов *Big Data* в целях управления образовательным процессом на уровне реализации индивидуальных образовательных траекторий;

– анализ и профилактика этических рисков интерпретации данных о познавательной деятельности студентов;

– принципы и специфика цифрового права в профессиональной деятельности преподавателей;

– индивидуализация образовательных треков в цифровом университете;

– цифровые инструменты формирования образовательного медиаконтента;

– методы анализа и интерпретации данных для прогнозирования успеваемости студентов.

Заключение. Проведенные анкетные опросы показали, что большинство преподавателей понимают важную роль компетенций в области применения больших данных в процессе профессионального развития педагогов и повышения качества образовательного процесса в вузе в аспекте цифровой трансформации образования.

Список литературы

[1] Цифровая педагогика: технологии и методы: учебное пособие /Н.В. Соловова [и др.]. – Самара: Издательство Самарского университета, 2020. – 128 с.

[2] Огурцова, Е. Ю. Большие данные и цифровая аналитика в университетском образовании / Е. Ю. Огурцова, Р. Н. Фадеев // Ноосферные исследования. – 2021. – № 4. – С. 37-44. – DOI 10.46724/NOOS.2021.4.37-44. – EDN EGVOIN.

[3] Фиофанова О.А. Анализ больших данных в сфере образования: методология и технологии: монография / О.А. Фиофанова. — М.: Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2020. — 200 с. — ISBN 978-5-85006-253-8

[4] Захарова, И. Г. Big Data и управление образовательным процессом / И. Г. Захарова // Вестник Тюменского государственного университета. Гуманитарные исследования. Humanitates. – 2017. – Т. 3, № 1. – С. 210-219. – DOI 10.21684/2411-197X-2017-3-1-210-219. – EDN YORKVX.

[5] Кондратенко, А. Б. Возможности применения больших данных в образовании в эпоху цифрового общества / А.Б. Кондратенко, Б.А. Кондратенко // Вестник Калининградского филиала Санкт-Петербургского университета МВД России. – 2017. – № 4(50). – С. 112-115. – EDN YLJFQF.

[6] Кондратенко, Б. А. Перспективы использования больших данных в современном образовании / Б. А. Кондратенко, А. Б. Кондратенко // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Филология, педагогика, психология. – 2018. – № 1. – С. 117-126. – EDN TGAWYX.

[7] Василенко, И. Ю. Возможности применения технологии BIG DATA при работе с психометрическими данными в сфере педагогики / И.Ю. Василенко, Д.А. Токарев, А. Н. Балабанов // Проблемы современного педагогического образования. – 2018. – № 61-2. – С. 290-295. – EDN YRXYEX.

[8] Витченко, О. В. Анализ больших данных как метод аналитики в бизнесе и в образовании / О.В. Витченко, М.Б. Стрюков, Ю. В. Дашко // Интеллектуальные ресурсы - региональному развитию. – 2019. – Т. 5, № 2. – С. 19-24. – EDN UBCILR.

[9] Фиофанова О.А. Анализ современного состояния исследований в области управления образованием на основании данных // Ценности и смыслы. 2020. № 1 (65). С. 71–83.

[10] Артамонов И.М., Артамонова Я.Н., Юркина Е.В. Структура видеоанализа эмоциональных состояний команды в компьютерной игре // Большие данные в образовании / Сборник статей по итогам международной конференции «Большие данные в образовании» 29–31 августа 2019 г. / Под ред. С.Н. Вачковой. – М.: Изд-во «Экон-Информ», 2020. – 98 с. ISBN 978-5-907233-86-7

[11] Дерябин, А. А. Дата-грамотность как новая цифровая компетенция / А.А. Дерябин, А.А. Попов // Информационное общество. – 2020. – № 5. – С. 39-47. – EDN YPALLH.

[12] Бугайчук, Т. В. Психологические аспекты применения технологии Big Data в условиях дистанционного обучения / Т.В. Бугайчук, П.А. Полякова // Ярославский педагогический вестник. – 2020. – № 5(116). – С. 177-183. – DOI 10.20323/1813-145X-2020-5-116-177-183. – EDN IHHGBK.

[13] Каптерев, А.И. Виртуальная лаборатория как цифровая платформа анализа больших данных в образовании / А.И. Каптерев // Большие данные в образовании: Сборник статей по итогам II Международной конференции, Москва, 25–27 августа 2021 года. – Москва: Изд-во «Экон-Информ», 2021. – С. 82-91. – EDN MUUUSW.

[14] Лескина, И.Н. Модель организации управления эффективностью профессиональной деятельности педагога на основе работы с большими данными / И.Н. Лескина // Человек и образование. – 2021. – № 4(69). – С. 103-115. – DOI 10.54884/S181570410018637-5. – EDN COAAYY.

[15] Ширинкина, Е.В. Data Driven как аналитика больших данных в образовании в условиях цифровизации / Е.В. Ширинкина // Качество и жизнь. – 2022. – № 2(34). – С. 57-62. – DOI 10.34214/2312-5209-2022-34-2-57-62. – EDN HHQOPL.

[16] Токтарова, В.И. Интеллектуальный анализ образовательных данных студентов для создания персонализированной среды обучения / В.И. Токтарова, О. Г. Попова // Цифровая гуманитаристика и технологии в образовании (DHTE 2021): Сборник статей II Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Москва, 11–12 ноября 2021 года / Под редакцией В.В. Рубцова, М.Г. Сороковой, Н.П. Радчиковой. – Москва: Московский государственный психолого-педагогический университет, 2021. – С. 343-352. – EDN BAKNNF.

[17] Малахов В.В., Смышляева Л.Г. Big Data как средство повышения эффективности учебных занятий в контексте развития личностного потенциала обучающихся СПО // Научно-педагогическое обозрение (Pedagogical Review). 2022. Вып. 4 (44). С. 72–80. https://doi.org/10.23951/2307-6127-2022-4-72-80.

[18] Бояринов, Д. А. Большие данные в дополнительном профессиональном образовании взрослых / Д.А. Бояринов. – Текст: непосредственный // Научное обеспечение системы повышения квалификации кадров. – 2023. – № 1 (54). – С. 50–61.

Авторский вклад

Трубицын Константин Викторович – постановка цели и задач исследования; выбор методов исследования; анализ результатов, полученных в результате проведения беседы, анкетного и экспертного опросов.

Калмыкова Ольга Юрьевна – анализ научных публикаций по проблеме применения методов анализа и интерпретации больших данных в образовательном процессе в вузе; проведение беседы, анкетного и экспертного опросов.

POSSIBILITIES OF APPLYING BIG DATA IN THE EDUCATIONAL PROCESS AT A UNIVERSITY

K.V. Trubitsyn
Dean of the Heat Power Department of SSTU, PhD of Economics, Associate Professor

O.Y. Kalmykova
Associate Professor of Department of Management and System Analysis of Heat Power Engineering and Socio-Technical Complexes of SSTU, PhD of Pedagogical, Associate Professor

Abstract. The article is devoted to the analysis of the use of Big Data methods and technologies to manage the learning process at a university. The discussion continued about the relevance of the development and implementation of advanced training programs aimed at developing the competencies of teachers in the application of data analysis methods in the educational process and improving teaching methods and pedagogical design within the framework of digital pedagogy. Based on the analysis of scientific publications on the research problem, a list of potential risks of using Big Data technologies in the educational process of a university has been compiled. The results of an expert survey are presented. The importance of developing the competencies of teaching staff in the field of big data analysis to solve the educational problems of the university is discussed.

Keywords: big data, educational data analysis; digital pedagogy, individual educational trajectory, electronic information and educational environment, professional qualification risk.

УДК 004.912+004.02

СОСТОЯНИЕ И РАЗВИТИЕ ПРОБЛЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ АВТОРСТВА ТЕКСТОВ В BIG DATA

И.А. Труханович
Магистр технических наук
ilya.trukhanovich@gmail.com

А.И. Парамонов
Заведующий кафедрой информационных систем и технологий Института информационных технологий БГУИР, кандидат технических наук, доцент
a.paramonov@bsuir.by

И.А. Труханович
Выпускник Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием обработки естественных языков.

А.И. Парамонов
Область научных интересов связана с исследованием проблем обработки естественно-языковых текстов и построением интеллектуальных информационных систем.

Аннотация. Выполнен анализ состояния проблемы идентификации авторства текстов в *Big Data*. Обозначены основные проблемы в классификации текстовых данных при больших объемах. Приведено описание существующих подходов к идентификации авторства. Показаны некоторые пути развития в решении проблемы. Описаны способы модификации существующих подходов с учётом специфики *Big Data*. Приведен результат эксперимента с разными методами классификации текста на больших массивах данных.

Ключевые слова: обработка естественных языков, идентификации авторства, классификация текстов, большие данные

Введение. В современном мире ежедневно генерируются огромные объемы цифровых данных, источниками которых выступают как пользователи цифровых устройств, так и сами устройства. Значительную долю в этих объемах занимают текстовые документы, причем зачастую это неструктурированные массивы данных из разнородных источников. В связи с чем все также остро стоят вопросы эффективной обработки таких данных с целью поиска и систематизации информации. Одной из актуальных и важных проблем при обработке текстовых естественно-языковых данных остается разработка эффективных способов классификации и установления авторства в обширных и разнообразных текстовых коллекциях. В ряде прикладных областей, среди которых можно выделить фильтрацию контента, выявление плагиата и литературных источников, задача установления авторства имеет огромное значение [1-3]. Колоссально возрастающий объем поступающих для обработки текстовых данных приводит к тому, что возникают потенциальные проблемы с масштабируемостью и точностью классических алгоритмов классификации текстовых документов. Преодолеть проблемы, связанные с большими данными, и получить ценные сведения из огромного количества текстовых документов, возможно сегодня только при использовании целого комплекса мер, включающий технологии распределенных вычислений, новые методы извлечения

признаков, передовые алгоритмы машинного обучения, методы уменьшения размерности, активное обучение и комбинированные методы.

Идентификация авторства текстов больших объёмов. Подход к обработке больших текстовых данных, в том числе в идентификации авторства, является комплексным и может включать в себя сочетание нескольких направлений.

Важным этапом текстовой классификации является выбор и извлечение признаков. Быстрое и эффективное извлечение необходимых характеристик из больших массивов данных имеет ключевое значение при реализации современных прикладных систем. Такие методы, как например, мешок слов и *TF-IDF*, извлекают из текста синтаксическую и семантическую информацию. Подходы к выбору признаков, в основе которых лежат методы такие как критерий хи-квадрат, помогают определить наиболее информативные и дискриминационные признаки. Особенно это актуально в задачах обработки текста в контексте больших данных. Такой подход предполагает, что найденные признаки внесут существенный вклад в решение проблемы идентификации авторства.

Идентификация авторства текста может быть выполнена с помощью различных методов машинного обучения [4]. Традиционные алгоритмы (случайный лес, деревья решений, наивный байесовский классификатор) все еще являются хорошими вариантами. Тем не менее, более сложные методы продемонстрировали впечатляющий успех в распознавании сложных паттернов и тонкостей в текстовых данных. Например, модели глубокого обучения, которые включают в себя свёрточные нейронные сети (*CNN*), рекуррентные нейронные сети (*RNN*). Используя обучающие данные с метками, эти алгоритмы способны с достаточно высокой точностью определять авторов текстов.

Решение задачи идентификации авторства путем разметки огромного объема данных может быть весьма дорогостоящей и трудоемкой процедурой. Метод, известный как «активное обучение», позволяет используемой модели активно выбирать для разметки наиболее выделяющиеся экземпляры. «Активное обучение» минимизирует усилия по разметке при сохранении эффективности классификации путем итеративного запроса дополнительных меток в зависимости от неопределенности модели или противоречивых случаев. Такой подход позволяет максимально эффективно использовать помеченные данные и повышает производительность. Это делает его полезным при работе с большими объемами данных.

Влияние на производительность модели может оказать высокая размерность векторов признаков в больших данных. Чтобы минимизировать количество признаков, сохранив наиболее важную информацию, можно использовать методы снижения размерности, такие как анализ главных компонент (*PCA*) или латентное размещение Дирихле (*LDA*). Благодаря уменьшению размерности данных эти методы повышают эффективность вычислений и устраняют недостатки размерности, что позволяет ускорить определение авторства.

Кроме того, для повышения общей эффективности классификации используются комбинированные подходы, объединяющие множество моделей. Объединение результатов нескольких моделей – популярный пример использования различных стратегий. При работе с большими массивами данных комбинированные подходы очень полезны для повышения надежности и точности моделей идентификации авторства. Благодаря использованию преимуществ многих моделей эти методы повышают надежность и эффективность классификации.

Следует отметить, что масштабируемые решения очень важны при работе с большими данными. Необходимую основу для этого обеспечивают технологии распределенных вычислений в виде различных фреймворков. С помощью этих фреймворков можно обрабатывать масштабные текстовые массивы данных параллельно, за счет распределения нагрузки между несколькими компьютерами или узлами. Таким

образом можно эффективно справиться с огромным объемом текстовых данных и ускорить их обработку.

Можно предположить, что, сосредотачиваясь на отдельных рассмотренных подходах или комбинируя их, есть шансы добиваться различных успехов в обработке больших объемов текстовых данных, в частности в определении авторов текстов.

Вместе с тем необходимо брать во внимание и недостатки вышеперечисленных подходов. Главным из них является значительная ресурсоёмкость, особенно с учётом предполагаемых размеров обрабатываемых данных.

Модификация подходов. Рассматриваемые подходы могут быть модифицированы различными способами.

Прежде всего, в области выбора и извлечения признаков могут быть добавлены уточнения, специфичные для конкретной области [5]. Идентификация авторства может быть достигнута с большей точностью за счет повышения дискриминационной способности признаков и получения более определённой картины путем интеграции лексики, семантических деталей или тематического моделирования.

Для уменьшения размерности можно использовать автокодировщики. Снижая размерность и сохраняя важную информацию, эти методы могут создавать компактные представления многомерных векторов признаков, что в конечном итоге повысит эффективность вычислений и производительность модели.

Вместе с тем для расширения комбинированных методов можно добавлять новые группы, как со старыми, так и с новыми составляющими.

Наконец, достижения в области облачных вычислений могут быть использованы для снижения затрат на инфраструктуру и повышения масштабируемости распределенных вычислений. Гибкость и возможность использования ресурсов по требованию, предоставляемых облачными системами, позволяет эффективно обрабатывать большие текстовые массивы данных.

Алгоритмы машинного обучения, в том числе нейронные сети, могут быть изменены и адаптированы под конкретную предметную область [6]. Модификация методов машинного обучения может включать в себя такие аспекты как:

– совершенствование лингвистического анализа;

– использование *n*-грамм;

– применение методов кроссдоменной идентификации.

В модификациях путем развития лингвистического анализа для извлечения более продвинутых языковых аспектов особое внимание уделяется интеграции различных методов такого анализа. Примерами таких свойств являются грамматические структуры, теги частей речи, синтаксические деревья и семантические сведения. Повышение точности идентификационных моделей достигается за счет улавливания более тонких лингвистических закономерностей.

N-граммы – текстовые последовательности, состоящие из n элементов (например, слов или символов), которые идут непрерывно. В этом случае модификация подразумевает изучение локального порядка слов или символов с помощью различных вариаций n-грамм. Например, биграммы (пары последовательных слов) или n-граммы более высокого порядка могут использоваться для захвата дополнительного контекста и улучшения идентификации авторства, вместо того чтобы полагаться только на униграммы (одиночные слова).

Кроссдоменная идентификация авторства предполагает обучение модели на исходном домене и оценивает их на целевом. Цель состоит в том, чтобы создать методы, которые при наличии небольшого количества обучающих данных, специфичных для конкретного домена, или при их отсутствии смогут точно определять стиль написания автора в тех или иных требующихся доменах. Для этого исследователи используют

различные методы извлечения признаков, которые отражают стиль автора, не опираясь на данные по конкретной схеме. Примерами таких признаков являются n-граммы, синтаксические шаблоны, частоты слов и остальные характеристики, такие как стилометрические аспекты. Для улучшения обобщения предпочтение отдается лингвистическим признакам, независимым от области.

Эксперимент с идентификацией авторства текстов для больших объёмов. В рамках эксперимента для рассмотренных методов сделана выборка данных из различных областей. В качестве тестовых наборов использованы массивы из тысяч документов объемом более двухсот мегабайт каждый по трем формальным областям: литературные произведения, учебные работы и статьи с различных ресурсов.

Для классификации текстов применялись три метода. Первый метод включает в себя кроссдоменные компоненты с целью достижения универсальности в различных областях. Второй метод более сосредоточен на статистических характеристиках и выявлении специфических признаков. Третий метод пытается учитывать характеристики более высокого порядка, нежели статистические.

Результаты эксперимента приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты эксперимента

	Набор 1 (литература)	*Набор 2 (учебные работы)*	*Набор 3 (статьи)*
Метод 1	35%	34%	31%
Метод 2	43%	38%	29%
Метод 3	41%	43%	34%

Как видно из таблицы, результаты эксперимента подтверждают гипотезу, что из-за больших размеров массивов документов границы между «почерками» авторов всё ещё остаются весьма размыты. Как следствие, современные методы не позволяют решать задачу идентификации автора в ее исходной постановке и требуются новые подходы и концептуально иные решения.

Кроме того, на текущем этапе лучше ограничиться использованием специализированными методами для каждой области, а универсальный метод (Метод 1) ещё требует некоторых доработок и адаптации для разных областей. Для развития универсального метода необходимо большее количество экспериментов, в том числе с более разнообразными образцами текстов.

Заключение. Таким образом, определение авторства текстов в больших массивах данных сегодня претерпевает значительные изменения. Благодаря использованию комплексных методов стало возможным изучение огромных объемов текстового материала и нахождение ранее не обнаруженных закономерностей и шаблонов. Придерживаясь этих передовых методов, важно как можно больше использовать потенциал анализа текстовых данных и изучать дальнейшее их развитие, позволяя сохранять приемлемый уровень точности при росте объёмов данных для изучения.

Список литературы

[1] Валгина Н.С. Теория текста: учебное пособие. М.: Логос, 2003. – 280 с.

[2] Маннинг К., Рагхаван П., Шютце Х. Введение в информационный поиск. М.: Вильямс, 2011. – 528 с.

[3] Орлов Ю.Н., Осминин К.П. Методы статистического анализа литературных текстов. М.: URSS, 2012. – 326 с.

[4] Парамонов, А.И. Методы идентификации авторства в определении студенческого плагиата. / Парамонов А. И., Труханович И. А. // «Системный анализ и прикладная информатика». 2023; (3): С. 56–59. doi: 10.21122/2309-4923-2023-3-56-59

[5] Paramonov, A. Dynamic features selection in authorship identification problem / A. Paramonov, I. Trukhanovich, U. Kuntsevich // Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS-2021) : сборник научных трудов / Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники ; редкол. : В. В. Голенков [и др.]. – Минск, 2021. – Вып. 5. – С. 309–312.

[6] Парамонов, А. И. Модификации методов машинного обучения для решения задачи идентификации автора текста / А. И. Парамонов, И. А. Труханович // Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации (ИКТ-2022) : электронный сборник статей II Международной научно-практической конференции, Полоцк, 30–31 марта 2022 г. / Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой ; ред. кол.: О. А. Романов [и др.]. – Новополоцк, 2022. – С. 78-81.

Авторский вклад

Парамонов Антон Иванович – руководство исследованием, постановка задач исследования, формирование структуры статьи.

Труханович Илья Александрович – выполнение задач исследования, проведение экспериментов, анализ полученных результатов.

STATE AND DEVELOPMENT OF THE TEXT AUTHORSHIP IDENTIFICATION PROBLEM IN BIG DATA

I.A. Trukhanovich
Master of Technical Sciences

A.I. Paramonov
Head of Information Systems and Technologies Department of Institute of Information Technologies BSUIR, PhD in Technical Sciences, Associate Professor

Abstract. The state of the text authorship identification problem in Big Data is analyzed. The main problems in classifying text data with large volumes are outlined. A description of existing approaches to identification authorship is provided. Some development paths to solving the problem are shown. The methods for modifying existing approaches considering the specifics of Big Data are described. The result of an experiment with different methods of text classification on large data sets is presented.

Keywords: natural language processing, authorship identification, text classification, big data.

УДК 004.75

ОЦЕНКА МЕТОДОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСОВ С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

И.А.Евдокимова
Магистрант кафедры ПИКС
svetaand85@gmail.com

И.В.Андриалович
заместитель декана по ВР факультета компьютерного проектирования БГУИР, аспирант кафедры ИПиЭ
andryinna@bsuir.by

Д.В. Лихачевский
Декан факультета компьютерного проектирования БГУИР, кандидат технических наук, доцент
likhachevskyd@bsuir.by

И.А. Евдокимова
Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2022 году. На данный момент обучается в магистратуре.

И.В. Андриалович
Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем психологического выгорания профессорско-педагогического состава учреждений высшего образования.

Д.В. Лихаческий
Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем радиочастотной идентификации объектов, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Аннотация. Интернет вещи исследуют широкий спектр приложений, которые генерируют огромные потоки данных для обработки и хранения. Принимая во внимание эффективность использования ресурсов для собранных данных ИВ, были рассмотрены основные подходы к использованию ресурсов с учетом затрат в различных системах с двух точек зрения: характеристики данных ИВ и параметры использования ресурсов.

Ключевые слова: интернет вещи, слияние данных, вычисления, обработка данных.

Введение. В последнее время все больше сообществ стремятся к использованию интеллектуальных сред, требующих связи и совместной работы различных устройств Интернет вещей (далее – ИВ).

Огромные данные, собираемые устройствами ИВ в умных городах, средах и транспортах, требуют надежного места для обработки и хранения, когда это необходимо. Тем не менее, известные решения архитектуры обработки ИВ кажутся несовместимыми из-за тупиковой ситуации, возникающей при совместном использовании повторных ресурсов для различных задач обработки [1].

Следовательно, методы использования ресурсов пользуются большим спросом, однако сгенерированные данные ИВ становятся все более сложными из-за новых

характеристик данных ИВ, где традиционные методы использования ресурсов сталкиваются с большими трудностями при управлении данными.

Основная часть. Многие методы пытались рассмотреть различные подходы к использованию ресурсов для ИВ, однако большинство из них были плохо оценены не более чем по двум параметрам использования ресурсов, а также были привязаны к серверу ИВ, который обслуживает определенное приложение умного города, среды или транспорта. Таким образом, проблема может быть сформулирована так: при использовании ресурсов сервера на основе ИВ при обработке данных необходимо учитывать, как новые характеристики данных, так и все показатели использования ресурсов, которые будут согласованы.

Хотя для ИВ было предложено множество подходов к использованию ресурсов, ни в одном из них не учитывалось влияние характеристик данных ИВ на показатели использования ресурсов.

Соответственно, ниже представлена подробная оценка современных подходов к использованию ресурсов для изучения их ограничений и выявления текущих пробелов в исследованиях в этой области. Таблица 1 предоставляет сводную тщательную оценку основных подходов к использованию ресурсов, представленных в иностранной литературе, с точки зрения используемой технологии, функции игнорируемых данных ИВ, применяемой метрики оценки и рассматриваемого параметра использования ресурсов.

Таблица 1. Оценка методов использования ресурсов на основе ИВ с точки зрения обработки данных

Исходный источник	Технология	Использование ресурсов техники	Игнорируемые функции данных ИВ	Метрика оценки	Рассматриваемое использование ресурсов параметров
[2]	Облачные вычисления	Оптимизация множества частиц	Массивные	Задержка	Пропускная способность
[3]	Туманные вычисления	Гипервизор	Быстро генерируемые и неточные	Потребляемая мощность	Энергия
[4]	Облачные вычисления	Виртуализация. *Makespan*	Пространственные и временные	Потребляемая мощность	Энергия
[5]	Облачные вычисления	Генетический алгоритм	Неустойчивые	Потребляемая мощность	Энергия
[6]	Облачные вычисления	Эвристический приоритет	Быстро генерируемые и неточные	Задержка	Пропускная способность
[7]	Граничные вычисления	Эмпирический алгоритм. Задержка и мощность потребление	Частные и массивные	Задержка и мощность потребление	Производительность и энергия
[8]	Туманные вычисления	Статистическая техника	Массивные и нестабильные	Задержка и мощность потребление	Производительность и энергия
[9]	Туманные вычисления	Классификатор обучения	Неустойчивые	Задержка и мощность потребление	Производительность и энергия

Благодаря анализу всех имеющихся подходов, можно выделить необходимые характеристики данных, которые необходимо учитывать при обработке. Обработка всех этих характеристик является сложной задачей, поскольку они не коррелированы, и имеют большой объем [10].

Характеристики включают в себя:

1 Огромные объемы данные.

2 Быстро генерируемые данные: непрерывное и быстрое генерирование данных.

3 Разнообразные данные: неоднородность типов и структур данных ИВ.

4 Неточные данные: отражение несовершенства, конфликта и несоответствия данных.

5 Информативные данные.

6 Нестабильные данные: представление актуальности данных ИВ, влияющее на качество анализа данных ИВ.

7 Пространственные данные: данные ИВ могут быть динамическими и пространственно-коррелированными в некоторых доменах ИВ.

8 Временные данные: данные ИВ могут быть постоянными или меняться во времени в зависимости от домена ИВ.

9 Частные данные: требуются надежные источники данных ИВ для чтения и доступа к данным ИВ.

Заключение. Принимая во внимание современные подходы можно выделить главные пробелы в исследованиях:

1 Управление всеми функциями данных ИВ является основной проблемой для достижения эффективного использования ресурсов.

2 Оценка подходов к использованию ресурсов, основанная на всех измеряемых параметрах, является еще одним пробелом в исследованиях, в которых для любого подхода оценивались не более двух параметров, либо пропускной способности, либо/и энергии.

3 Большинство подходов к использованию ресурсов являются специфичными для предметной области ИВ, т.е. плохая адаптируемость для использования различных приложений умного города, среды или транспорта.

Список литературы

[1] Agrawal S. Deadlock free resource management technique for IoT-based post disaster recovery systems/ S. Agrawal, R.R. Rao// Scalable Comput. Pract – 2021 – 21 – pp 391–406.

[2] Chien W.C. Heterogeneous space and terrestrial integrated networks for IoT: architecture and challenges / W.C. Chien, C.F. Lai, M.S. Hossain, G. Muhammad// IEEE Netw.– 2019 – 33 – pp15–21.

[3] Zanafi S. Enabling sustainable smart environments using fog computing/ S. Zanafi, N. Aknin, M. Giacobbe, M. Scarpa, A. Puliafito // Proceedings of the International Conference on Electronics, Control, Optimization and Computer Science, IEEE – 2018 – pp. 1–6.

[4] Mishra S.K. An adaptive task allocation technique for green cloud computing/ S.K Mishra, D. Puthal, B. Sahoo, S.K. Jena, M.S. Obaidat// J. Supercomput. – 2018 – 74 – pp 370–385.

[5] Kendrick P. An efficient multi-cloud service composition using a distributed multiagent-based,memory-driven approach/ P. Kendrick, T. Baker, Z. Maamar, A. Hussain, R. Buyya, D. Al-Jumeily// EEE Trans. Sustain. Comput. – 2018.

[6] Dighriri M. Resource allocation scheme in 5G network slices/ M. Dighriri, A.S.D. Alfoudi, G.M. Lee, T. Baker, R. Pereira// Proceedings of the 32nd International Conference on Advanced Information Networking and Applications – 2018 – pp. 275–280.

[7] Goudarzi M. An application placement technique for concurrent IoT applications in edge and fog computing environments / M. Goudarzi, H. Wu, M. Palaniswami, R. Buyya// IEEE Trans. Mob. Comput. – 2020 – pp 1298–1311.

[8] Kumar N.R. Deadline-based dynamic resource allocation and provisioning algorithms in fog-cloud environment/ N.R. Kumar, S. Garg, S.K.B. Andrew Chan// Futur. Gener. Comput. Syst – 2020 – 104 – pp 131–141.

[9] Abbasi M. Efficient resource management and workload allocation in fog–cloud computing paradigm in IoT using learning classifier systems/ M. Abbasi, M. Yaghoobikia, M. Rafiee, A. Jolfaei, M.R. Khosravi// Comput. Commun. – 2020 – 153 – pp217–228.

[10] Fawzy D. The Internet of Things and Architectures of Big Data Analytics: Challenges of Intersection at Different Domains./ D. Fawzy, S. Moussa, N. Badr // IEEE Access – 2022.

Авторский вклад

Лихаческий Дмитрий Викторович – руководство исследованием по оценке методов использования ресурсов.

Андриалович Инна Владимировна – постановка задачи исследования.

Евдокимова Ирина Александровна – формирование структуры статьи.

EVALUATION OF RESOURCE UTILIZATION METHODS FROM A DATA PROCESSING PERSPECTIVE

I.A. Evdokimova
Master's student of the department

I.V.Andryalovich
Deputy Dean of the Faculty of Computer Design of BSUIR, postgraduate student of the Department of IP&E

D.V. Likhachevsky
Dean of the Faculty of Computer Design of BSUIR, PhD of Technical Sciences, Associate Professor

Abstract. Internet of Things explores a wide range of applications that generate huge streams of data for processing and storage. Taking into account the resource utilization efficiency of the collected IS data, the main approaches to cost-aware resource utilization in different systems have been reviewed from two perspectives: IS data characteristics and resource utilization parameters.

Keywords: Internet of things, data fusion, computing, data processing.

УДК 004.75-021

ТРЕХЭТАПНАЯ СТРУКТУРА ОБЪЕДИНЕНИЯ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕСУРСОВ

И.А.Евдокимова
Магистрант кафедры ПИКС
svetaand85@gmail.com

И.В.Андриалович
заместитель декана по ВР факультета компьютерного проектирования БГУИР, аспирант кафедры ИПиЭ
andryinna@bsuir.by

Д.В. Лихачевский
Декан факультета компьютерного проектирования БГУИР, кандидат технических наук, доцент
likhachevskyd@bsuir.by

И.А. Евдокимова

Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники в 2022 году. На данный момент обучается в магистратуре.

И.В. Андриалович

Окончила Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем психологического выгорания профессорско-педагогического состава учреждений высшего образования.

Д.В. Лихаческий

Окончил Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов связана с исследованием проблем радиочастотной идентификации объектов, организацией учебного и научно-исследовательского процессов в техническом университете.

Аннотация. Рассмотрена трехэтапная структура объединения данных с использованием ресурсов – *the Triple Phases Resource Utilized Data Fusion*. Рассмотрена адаптация *TPRUDF* к любой вычислительной модели. Разделение её на три основных уровня слияния данных. Показана архитектура *TPRUDF*, которая демонстрирует, каким образом она взаимодействует с различными специфичными для предметной области уровнями. Продемонстрированы экспериментальные результаты.

Ключевые слова: ресурсы**,** трехэтапную структуру объединения, *TPRUDF*, интернет вещи.

Введение. Считается, что методы использования ресурсов ИВ позволяют эффективно применять ресурсы обработки и хранения на стороне сервера обработки, чтобы избежать задержек и перегрузок [1]. Однако использование ресурсов в ИВ сталкиваются с различными проблемами из-за негативного влияния характеристик данных ИВ на параметры использования ресурсов, вызывая серьезные проблемы с точностью, задержкой, надежностью и доступностью [2]. Таким образом, использование методологий объединения данных очень востребовано, и решает проблему с использованием ресурсов в системах на основе ИВ [3].

Основная часть. Рассмотрим трехэтапную структуру объединения данных с использованием ресурсов – *the Triple Phases Resource Utilized Data Fusion* (далее –

TPRUDF), предлагаемую в качестве первого независимого от предметной области подхода к использованию ресурсов с учетом затрат для систем на основе ИВ.

Она рассматривает исключительно различные характеристики данных ИВ, используя три этапа слияния данных:

1 Данные на входе – данные на выходе.

2 Данные на входе – функция на выходе.

3 Функция на входе – решение на выходе.

TPRUDF объединяет необработанные данные, поддерживая сложные функции, независимо от сервера ИВ или вычислительной модели, используя подход к объединению данных на основе пространственно-временного слияния. Затем *TPRUDF* объединяет некоррелированные функции данных с помощью анализа основных компонентов. В конечном итоге, она реализует два разных метода использования ресурсов: генетические алгоритмы и оптимизацию множества частиц, объединяя их результаты с использованием метода слияния логики. Для оценки *TPRUDF* используется общедоступный симулятор граничных вычислений с помощью трех реальных наборов данных об умных городах, средах и транспорте.

TPRUDF можно адаптировать к любой вычислительной модели. Её возможности разделены на три основных уровня слияния данных:

1 Уровень слияния пространственно-временных данных, которые используют ресурсы вывода данных.

2 Уровень слияния данных, которые извлекают некоррелированные функции объединенных данных ИВ на сервере обработки.

3 Уровень слияния данных об используемых ресурсами принятий решений. Данный уровень определяет наилучшее использование ресурсов планирования путем объединения результатов с использованием нескольких методов использования ресурсов на сервере обработки.

На рисунке 1 показана предлагаемая архитектура *TPRUDF*, которая демонстрирует, каким образом она взаимодействует с различными специфичными для предметной области уровнями, такими как: уровень данных ИВ, уровень бизнес-аналитики на основе сервера ИВ и уровень визуализации данных ИВ.

Эти уровни выходят за рамки предлагаемого подхода *TPRUDF*, поскольку они выполняют требуемые функции в соответствии с характером предметной области ИВ, которые определяются бизнес-требованиями и целью приложения.

Уровень данных ИВ отвечает за подключение фактических источников данных ИВ любого сервера для сбора данных в режиме реального времени. Уровень бизнес-аналитики подключен ко всем уровням *TPRUDF* для выполнения необходимой аналитики, с использованием результатов *TPRUDF*, которые могут быть представлены в виде данных, функций или решений. Уровень визуализации данных ИВ отвечает за представление пользователям системы аналитических результатов, относящихся к предметной области, к которым могут быть подключены различные инструменты представления в соответствии с потребностями системы.

Уровень данных ИВ отвечает за подключение фактических источников данных ИВ любого сервера для сбора данных в режиме реального времени. Уровень бизнес-аналитики подключен ко всем уровням *TPRUDF* для выполнения необходимой аналитики, с использованием результатов *TPRUDF*, которые могут быть представлены в виде данных, функций или решений. Уровень визуализации данных ИВ отвечает за представление пользователям системы аналитических результатов, относящихся к предметной области, к которым могут быть подключены различные инструменты представления в соответствии с потребностями системы.

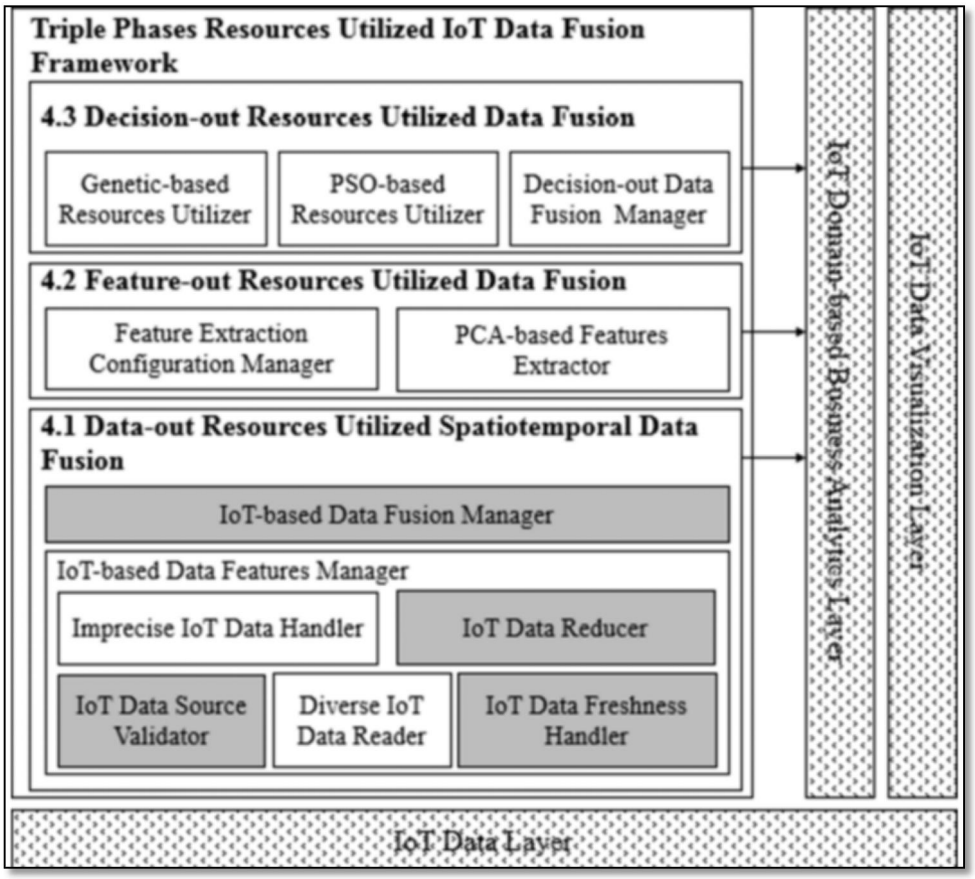


Рисунок 1. Предлагаемая архитектура *TPRUDF*

Экспериментальные результаты предлагаемой структуры *TPRUDF* показывают, что она:

– достигает среднего уровня точности использования ресурсов, равного 91%.

– увеличивает пропускную способность использования ресурсов в среднем на 40% и в конечном итоге минимизирует задержку обработки;

– увеличивает доступность использования ресурсов на 60%;

– снижает потребление энергии на 35%.

Заключение. *TPRUDF* – это первый подход к использованию ресурсов, который:

1 Рассматривает три уровня объединения данных при одновременном использовании их в разных измерениях.

2 Объединяет данные ИВ с помощью нескольких методов использования ресурсов.

3 Сохраняет пространственно-временную характеристику данных ИВ и обеспечивает их конфиденциальность в доменах с различными форматами.

4 Учитывает временные интервалы свежести данных ИВ.

5 Обрабатывает в реальном времени обширно сгенерированные данные ИВ.

Список литературы

[1] K.V. Praveen, P.J. Prathap, Energy efficient congestion aware resource allocation and routing protocol for IoT network using hybrid optimization techniques, Wirel. Pers. Commun. 117 (2021) 1187–1207.

[2] Chang.Y.C.L. Agent-based middleware framework using distributed CPS for improving resource utilization in smart city/ Y.C.L. Chang, K.C.C. Kuo-Chi, H.C. Wang, J.S. Pan// Futur. Gener. Comput. Syst.– 2020 – 108 – pp 445–453.

[3] W. Peng, A. Chen, J. Chen, H. Xu, Block generation in a two-dimensional space constructed by Hellinger metric and affinity for weather data fusion and learning inputs, Futur. Gener. Comput. Syst. 114 (2021) 383–393

Авторский вклад

Лихаческий Дмитрий Викторович – руководство исследованием по трехэтапной структуре объединения данных.

Андриалович Инна Владимировна – постановка задачи исследования.

Евдокимова Ирина Александровна – рассмотрение трехэтапной структуры объединения данных с использованием ресурсов, основных характеристик и возможностей, основных уровней слияния, формирование структуры статьи.

THREE-STAGE DATA FUSION FRAMEWORK RESOURCE-BASED

I.A. Evdokimova
Master's student of the department

I.V.Andryalovich
Deputy Dean of the Faculty of Computer Design of BSUIR, postgraduate student of the Department of IP&E

D.V. Likhachevsky
Dean of the Faculty of Computer Design of BSUIR, PhD of Technical Sciences, Associate Professor

Abstract. The Triple Phases Resource Utilized Data Fusion structure – the Triple Phases Resource Utilized Data Fusion is considered. Adaptation of TPRUDF to any computational model is considered. It is divided into three main levels of data fusion. The architecture of TPRUDF is shown to demonstrate how it interacts with various subject-specific levels.

Experimental results are demonstrated.

Keywords: resources, three-stage aggregation structure, TPRUDF, IoT.

УДК 378.147 : 004.42

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АНАЛИЗА ДАННЫХ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА: ОЦЕНКА СТУДЕНТАМИ ИНТЕРЕСНОСТИ И ПОЛЕЗНОСТИ ДЕЛОВЫХ ИГР

Н.И. Мустафина
Студентка 3-го курса направления «Программная инженерия» Пермского филиала Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики»
nazgul-2003@mail.ru

М. А. Плаксин
Доцент кафедры информационных технологий в бизнесе Пермского филиала Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», доцент кафедры математического обеспечения вычислительных систем Пермского государственного национаьного исслдеовательского университета, кандидат физико-математических наук, доцент
mplaksin@hse.ru
mapl@list.ru

Н.И. Мустафина
Обучается на 3-м курсе на направлении «Программная инженерия» в Пермском филиале НИУ Высшая школа экономики.

М.А. Плаксин
Окончил Пермский государственный университет. Область научных интересов связана с системным анализом, теорией решения изобретательских задач, школьной информатикой.

Аннотация. Предлагается анализ накопленного в течение шести лет набора данных об отношении нескольких сот студентов двух пермских вузов (филиала Высшей школы экономики и госуниверситета) к включению в учебный процесс деловых игр и компьютерных тренажеров. Оценка является стабильно высокой. Эффективность игровых форм оценивается выше, чем традиционных лекционно-практических. Оценка мало зависит от таких факторов как год обучения, аудиторная или дистанционная форма игры и др.

Ключевые слова: Компьютерный тренажер, симулятор, деловая игра, технология программирования, программная инженерия, коллективная разработка программных систем, учебный процесс, университет

Введение. Применение деловых игр в обучении имеет долгую историю, которая началась почти сто лет назад [1]. Сейчас деловые игры и компьютерные тренажеры используются в разных областях знаний и для разных возрастных групп, включая младших школьников [1-13].

В данной статье анализируется отношение студентов обучающихся на таких направлениях как программная инженерия, бизнес-информатика, математическое обеспечение вычислительных систем, информационные технологии и т.п., к применению в учебном процессе деловых игр вместо традиционной системы лекций-практик.

Для подготовки квалифицированных разработчиков программных продуктов необходимо знакомить студентов с современными технологиями создания программных систем, включая изучение методов коллективной работы над программным проектом, организации проектной бригады, анализа предметной области, проектирования программных систем, технологий программирования, написания необходимой документации к программным продуктам, методам внедрения и пр., изучение ролей членов команды, также области их профессиональной деятельности и обязанностей во время создания продукта. Традиционная форма лекций и семинаров не дает достаточного эффекта при изучении этих вопросов. Нужна не только теория, но и практика. Идеальным вариантом было бы обучать студентов в реальном производственном процессе, однако это невозможно по двум причинам. Первая – невозможность организовать такую практику для большого числа студентов. Нет достаточно фирм, которые согласятся на подобное. Вторая причина – это различие целей учебного и производственного процессов. Для производственного процесса главное – качество программного продукта. Для учебного – знания и умения студентов. Поэтому в учебном процессе могут быть полезны такие ситуации, которые на реальном производстве лучше избегать. Деловые игры и компьютерные тренажеры могут стать спасением в данной ситуации.

Один из авторов данной статьи преподает в двух пермских университетах: Пермском филиале Национального исследовательского университета Высшая школа экономики (ВШЭ) и Пермском государственном национальном исследовательском университете (ПГУ). Среди его студентов есть представители разных программистских направлений, разных годов обучения, которым он в рамках разных учебных курсов дает знания о современных технологиях создания программного обеспечения. В учебном процессе используются разные деловые игры и компьютерные тренажеры. (Для упрощения будем называть все такие учебные занятия «играми»). После каждой игры студенты обязаны написать короткое эссе (рефлексию), в котором они отзываются о форме и о содержании игры и оценивают ее по двум критериям: интересности и полезности с точки зрения получения профессиональных знаний и умений.

В настоящей статье анализируется набор данных, содержащий оценки и комментарии из отзывов о шести играх, написанных студентами двух вузов за шесть лет использования в учебном процессе игровых методик. Цель исследования – проанализировать, как студенты относятся к применению в учебном процессе деловых игр и компьютерных тренажеров и оценить факторы, которые влияют на это отношение.

Материалы и методы. В исследовании принимали участие два университета: Пермский филиал Национального исследовательского университета Высшая школа экономики и Пермский государственный национальный исследовательский университет.

Исследование проводилось в течение 6 лет. Всего в нем участвовали 504 человек. Информационная база исследования состоит из 2385 единиц.

В Высшей школе экономики в общей сложности в исследовании участвовало 323 студента первого курса по специальности «Программная инженерия». Игры были частью учебной дисциплины «Ведение в программную инженерию». В Пермском госуниверситете участвовали 181 студентов третьего курса по специальностям «Прикладная математика», «Информационные технологии», «Компьютерная безопасность». Игры были частью учебной дисциплины «Методы коллективной разработки программных систем». В ходе названных учебных курсов студенты узнают о технологии программирования и программном продукте, о современных популярных технологиях создания программного обеспечения *Microsoft Solution Framework for Agile* (*MSF*) [14] и *Scrum* [15], о стадиях работы над программным проектом, необходимых видах деятельности и специальностях, участвующих в работе.

Были проанализированы рефлексии студентов по шести учебным занятиям. А именно:

– задание на преобразование программы в программный продукт;

– три игры по различным этапам разработки программных решений согласно технологии *MSF*: этапы «*Envisioning & Planning*», этап «*Stabilizing*», этап «*Deploying*»;

– игра по технологии *Scrum* («Технология *Scrum*: ритуалы и артефакты»);

– задание на руководство программными проектами при работе с компьютерным тренажером «ИТ-менеджер».

В задании «Преобразование программы в программный продукт» используется штатное программное обеспечение. Для написания программ применяется система программирования. В обоих университетах обучение программированию ведется на языке *C#* в *Visual Studio*, но студенты имеют право выбрать и другие средства. Студенты могут разработать сайт для «службы поддержки» создаваемого программного продукта, документацию на него и пр.

Два задания – «*Envisioning & Planning*» и «*Scrum*» – представляют собой обычные «застольные» деловые игры. Еще два – «*Stabilizing*» и «*Deploying*» – включают работу с компьютерными симуляторами на отдельных этапах. Только одно задание – руководство программными проектами – целиком сосредоточено на работе с программным тренажером.

Все задания – командные. Такой подход отражает коллективный характер работы во всех сколь-либо крупных программных проектах. В играх по технологиям *MSF* и *Scrum* размер команды определяется требованиями технологии. В «*Envisioning & Planning*» команда состоит из пяти-шести человек. В *Scrum* может дойти до девяти. Над преобразованием программы в программный продукт работают команды из четырех-пяти человек. Для трех остальных заданий – «*Stabilizing*», «*Deploying*», руководство программными проектами – команда состоит из двух человек. (В принципе, их можно выполнять и в одиночку. Но нам важна именно командная работа.) В двух подряд идущих играх «*Stabilizing*» и «*Deploying*» работает одна и та же команда. Это принципиально, поскольку на этапе развертывания (*Deploying*) могут быть выявлены огрехи, допущенные на этапе стабилизации (*Stabilizing*). Сохранение состава команды приводит к тому, что ошибки этапа стабилизации создадут сложности в развертывании именно тем людям, которые их совершили. В четырех остальных случаях различный размер команды приводит к тому, что команда формируется на одну игру.

Хотя работы были командные, рефлексии каждый студент писал самостоятельно.

Таким образом, общее количество рефлексий (при числе участников 504 и числе игр 6) могло быть 3024 штук. К сожалению, не все студенты всегда делают домашние задания, поэтому реально в информационной базе было 2385 рефлексии. Недостача составила почти 21%. Как уже упоминалось, при написании рефлексии, студенты давали проведенной игре две оценки: за интересность и полезность. Согласно принятому во ВШЭ стандарту, оценки давались по шкале от 0 до 10. При этом оценки 8–10 при переводе на обычную школьную пятибалльную систему означали «отлично», оценки 6–7 – «хорошо», оценки 4–5 – «удовлетворительно», более низкие – «неудовлетворительно». Десятибалльная система позволяет отразить мнение студентов более точно, чем пятибалльная.

Перед тем, как поставить оценки, студенты должны были дать ответ на несколько вопросов. Эти вопросы делились на две части. Вопросы по содержанию игры:

1 Что было внове?

2 Какой опыт приобрели?

3 Что узнали?

4 Чему научились?

Вопросы по способу проведения игры:
1 Понятна ли цель?
2 Понятны ли способы ее достижения?
3 Насколько они результативны?
4 Что понравилось?
5 Что не понравилось?
6 Чего не хватило?
7 Что надо делать не так?
8 Насколько полезны/вредны такие методы обучения по сравнению с традиционной системой лекций-практик?

Среди прочего ответы на эти вопросы часто служили разъяснениями и обоснованием к величине поставленной оценки.

Для анализа использовались статистические характеристики: среднее арифметическое, частота различных оценок, медиана и пр. Вычисления проводились для обеих оценок (за «интересность» и за «полезность»).

Для оценки факторов, влияющих на отношение студентов к играм, была проведена классификация рефлексий по ряду оснований: по вузам, по использованию компьютерных симуляторов, по форме проведения игр (аудиторно/дистанционно) и т.п.

Частично – за меньший период времени и по отдельным аспектам – результаты исследования уже были представлены на более узких тематических конференциях. Так, на Международной конференции по дистанционному обучению в БГУИР в мае 2022 г. обсуждалось различие в отношении к проведению игр очно и в дистанционном формате [16]. На студенческой конференции в Пермском госуниверситете в июне 2022 г. было проведено сравнение отношения к играм студентов разных вузов [17]. Гендерный аспект рассматривался на конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР весной 2023 г. [18]. Во всех этих случаях использовался меньший набор данных (за 4-5 лет).

Исследование и обсуждение. Прежде всего, статистические характеристики были вычислены по всему множеству рефлексий. Затем при анализе рефлексий была проведена классификация по следующим основаниям:

– год проведения игры,
– вуз (ВШЭ, ПГУ)
– курс (год обучения студентов),
– форма проведения (аудиторная или дистанционная),
– использование игрового программного обеспечения,
– размер команды студентов,
– пол студентов.

В таблице 1 представлены средние значения интересности и полезности по всем данным и по каждому университету в отдельности. На рисунке 1 отражено, как эти показатели по общему набору данных динамично изменялись в течение периода исследования.

Таблица 1. Обобщенные оценки по всем заданиям

Параметр	*Интересность*			*Полезность*		
	ПГУ	*ВШЭ*	*Вместе*	*ПГУ*	*ВШЭ*	*Вместе*
Среднее значение	7.50	8.67	8.23	7.63	8.83	8.39
Медиана	8	9	9	8	9	9
Мода	10	10	10	10	10	10
Минимум	0	0	0	0	2	0

Окончание таблицы 1

Параметр	*Интересность*			*Полезность*		
	ПГУ	*ВШЭ*	*Вместе*	*ПГУ*	*ВШЭ*	*Вместе*
Максимум	10	10	10	10	10	10

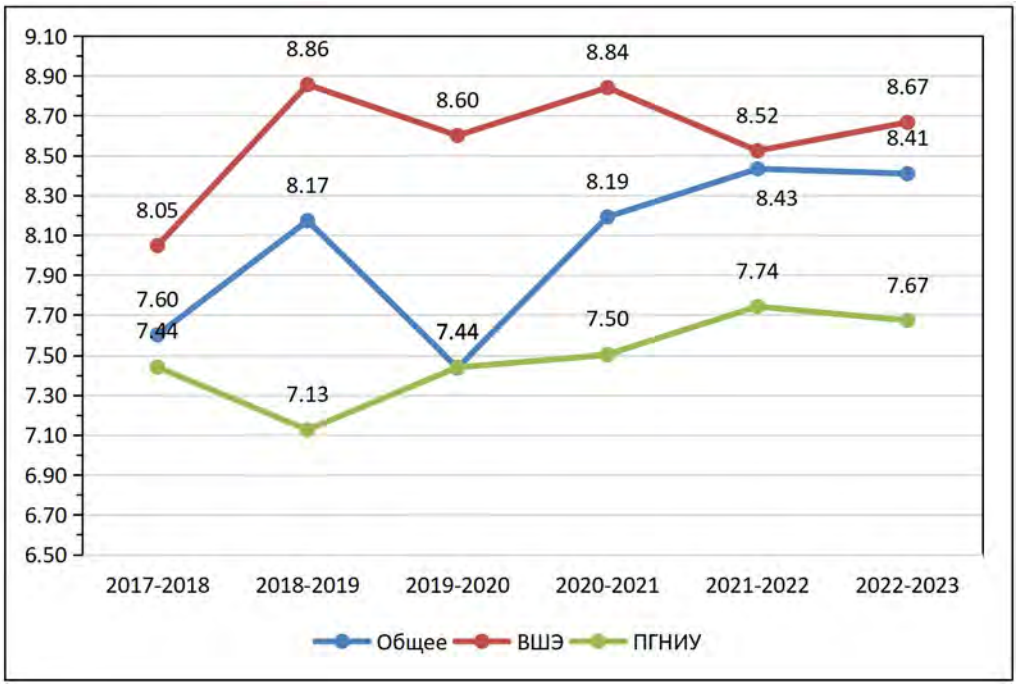


Рисунок 1. Изменение по годам средних значений интересности

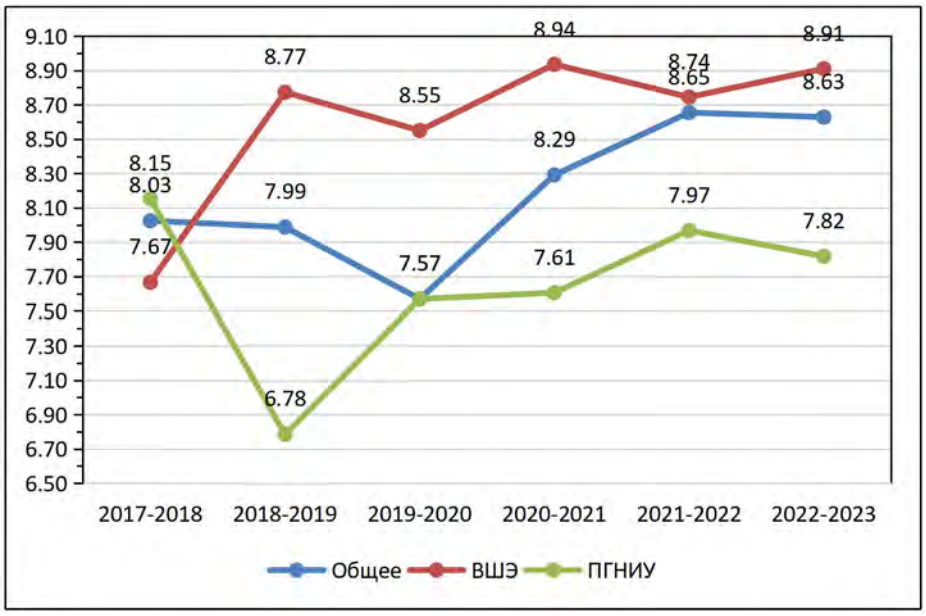


Рисунок 2. Изменение по годам средних значений полезности

Приведенные таблица и диаграмма показывают, что студенты высоко оценивают интересность и полезность деловых игр. По общему набору данных средняя оценка интереса равна 8.23, а пользы – 8.39. В обоих случаях медиана и мода составляют 10. Значит, наиболее частой была максимальная оценка, хотя нашлись студенты, которые поставили оценку 12 при шкале от 0 до 10. В своих эссе студенты отметили большую

эффективность деловых игр по сравнению с традиционными лекциями и практиками, и выразили желание видеть их чаще в учебном процессе.

Из диаграмм динамики изменения средних оценок следует, что за шесть лет наблюдения оценки за полезность и интересность имели тенденцию к устойчивому росту. Однако в середине периода произошел небольшой спад. (Авторы не претендуют на точное объяснение этого спада, но именно весной 2020 года из-за пандемии пришлось перейти на дистанционное обучение, что потребовало срочной адаптации методов преподавания, в том числе методов проведения деловых игр. Именно весной 2020 года разрабатывалась и испытывалась методика дистанционного проведения деловых игр, что не могло не сопровождаться разными ошибками).

В таблице 1 обращает на себя внимание очень большой разброс оценок. Не только максимальные оценки равны максимально возможным, но и минимальные равны минимально возможным. Эта ситуация побудила исследовать частоту встречаемости различных оценок. В таблице 2 указана частота появления различных значений интересности и полезности по всему набору данных и отдельно по каждому из университетов. На рисунках 3 и 4 значения оценок сгруппированы в три категории: низкие – от 0 до 3, средние – от 4 до 7, высокие – от 8 до 10. Показана частота появления оценок каждой категории во всем наборе данных и отдельно по каждому университету.

Таблица 2. Частота появления оценок по всем заданиям, %

Оценка	*Интересность*			*Полезность*		
	ПГУ	*ВШЭ*	*Вместе*	*ПГУ*	*ВШЭ*	*Вместе*
0	0,87	0,00	0,39	0,87	0,00	0,39
1	1,01	0,00	0,45	0,29	0,00	0,13
2	2,02	0,35	1,09	1,45	0,35	0,84
3	3,61	0,23	1,74	2,75	0,46	1,48
4	3,90	1,16	2,38	4,49	0,46	2,25
5	7,37	2,78	4,82	6,67	2,08	4,11
6	7,66	4,51	5,91	8,12	3,69	5,66
7	16,47	9,03	12,34	15,65	8,65	11,76
8	21,24	19,44	20,24	23,91	16,26	19,67
9	14,60	20,95	18,12	13,77	22,15	18,44
10	21,24	41,55	32,52	22,03	45,91	35,35

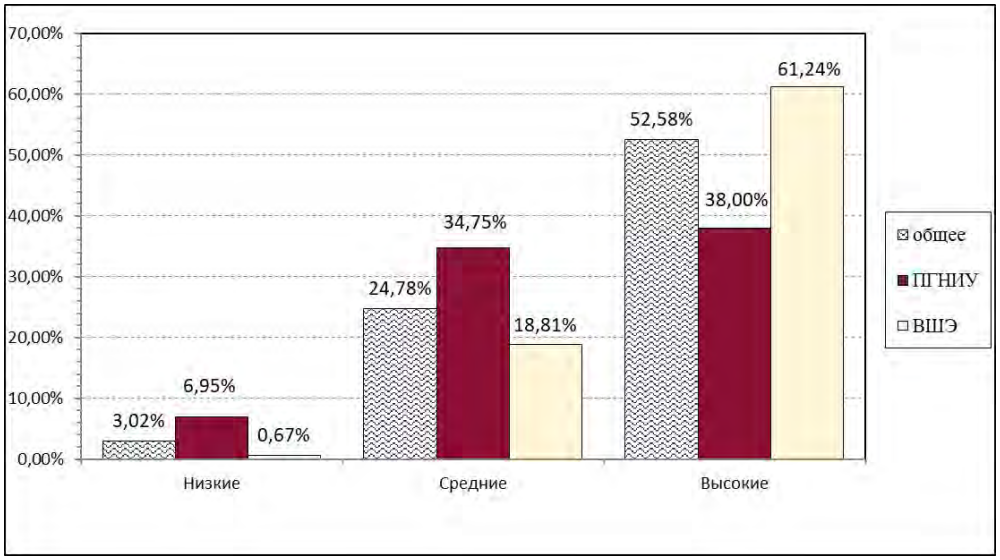


Рисунок 3. Разделение оценок интересности на низкие, средние и высокие

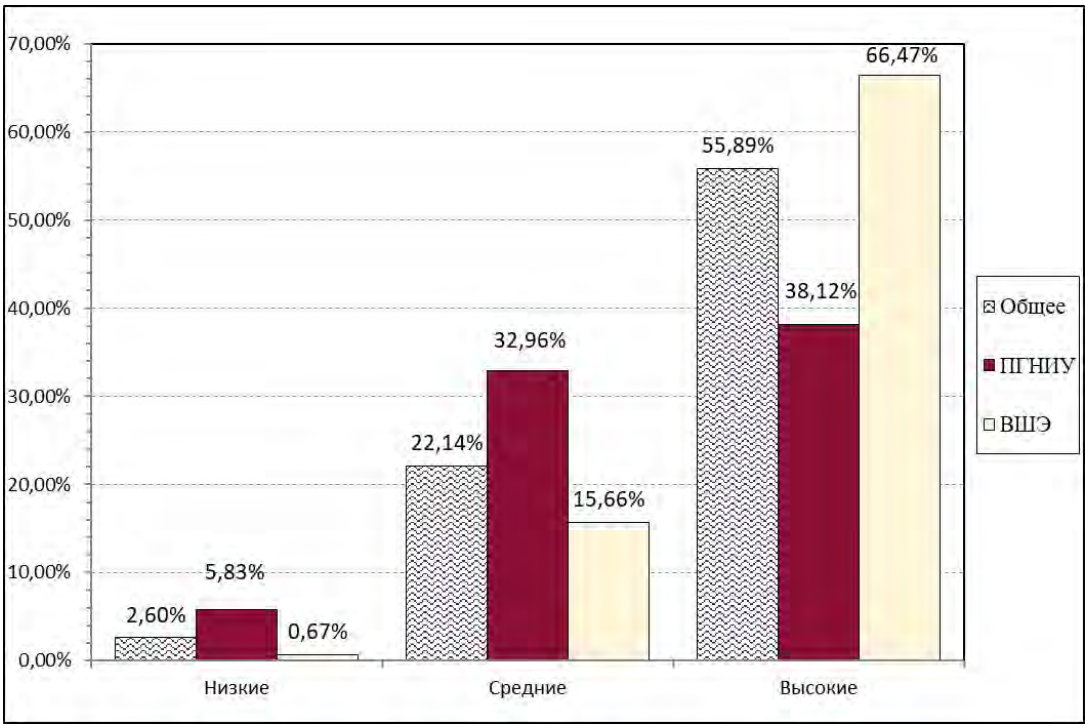


Рисунок 4. Разделение оценок полезности на низкие, средние и высокие

По обоим показателям – интересности и полезности – абсолютно доминируют оценки высокие (8 баллов и выше): 53-56% для Высшей школы экономики и 38% для госуниверситета. Низких оценок (от 0 до 3 баллов) мало: 2,6-3% для студентов ВШЭ и 5,83-6,95% для студентов ПГУ. В целом высоких оценок оказалось около 63%, низких – 0,67%.

Низкие оценки представляют собой своего рода «выбросы» из общего массива оценок. Для объяснения таких выбросов пришлось обратиться к тексту соответствующих рефлексий. Оказалось, что недовольные не имеют против деловых игр принципиальных возражений. Причины носили более частный характер. Кто-то был недоволен качеством компьютерных симуляторов. Кому-то могли показаться слишком сложными некоторые из заданий. Кто-то посчитал, что потратил на их выполнение слишком много времени.

Кому-то не хватило теоретических знаний. Надо отметить, что, несмотря на небольшое количество «выбросов вниз», они рассматриваются как важный элемент обратной связи, сигнализирующий об имеющихся недоработках. Возрастание графиков средних значений интересности и полезности показывает, что идет постоянная работа по исправлению недостатков (разрабатываются новые более адекватные симуляторы, совершенствуется методика проведения занятий).

На вышеприведенных диаграммах и в таблицах видно, что студенты ПГУ более критично относятся к играм. Низких оценок студентов ПГУ больше на порядок чем у студентов ВШЭ, средних – вдвое. А высоких – на четверть меньше. Разница между оценками студентов двух вузов стабильно составляет примерно 17% (1.3 балла). Для показателя интересности это 8.70 в ВШЭ против 7.45 в ПГУ. Для полезности 8.85 в ВШЭ и 7.56 в ПГУ.

Различие в обобщенных оценках подвигло к тому, чтобы сравнить оценки по отдельным играм. Результаты представлены на рисунках 5 и 6. Оценки из ПГУ по всем играм ниже, чем оценки из ВШЭ.

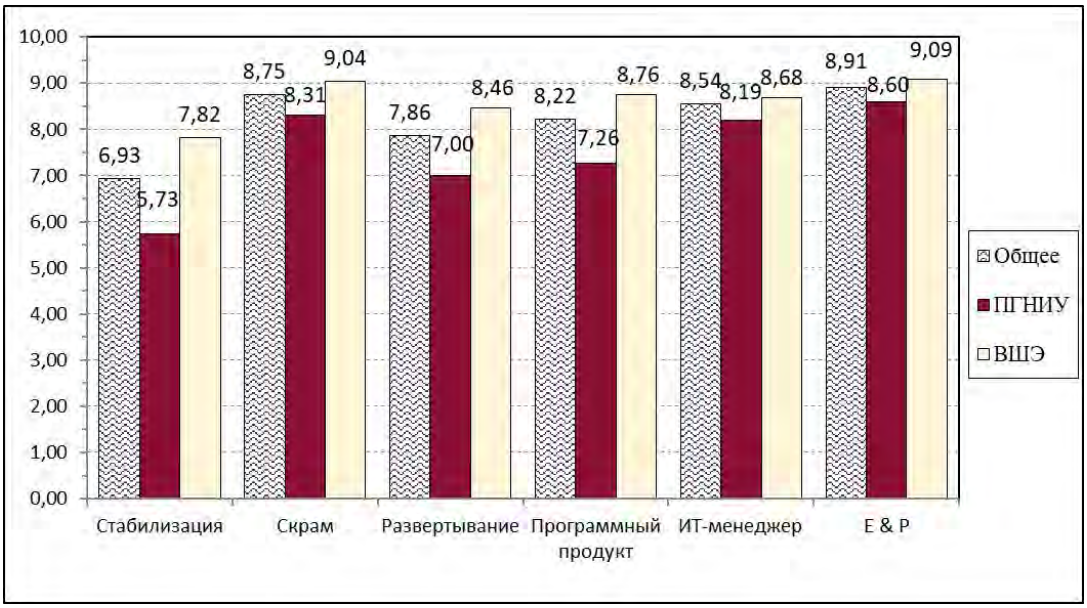


Рисунок 5. Средняя оценка интересности разных заданий

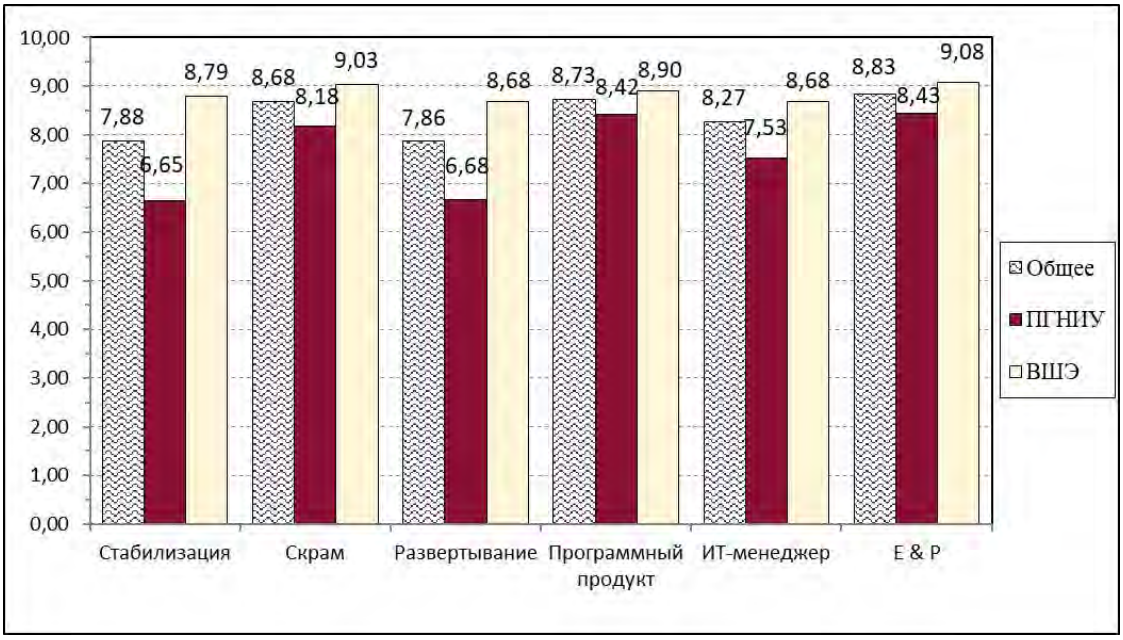


Рисунок 6. Средняя оценка полезности разных заданий

Объяснение этому было найдено в тексте рефлексий. Оказалось, что в различии оценок виноват не вуз, а год обучения. Различие учебных планов привело к тому, что те игры, в которые во ВШЭ играют студенты первого курса, в ПГУ проводятся с третьекурсниками. Для первокурсников излагаемый в игровой форме материал был совершенно новым, а потому казался и более интересным, и более сложным. В отличие от них третьекурсники зачастую уже имели опыт реальной практической работы. Поэтому излагаемый в играх материал зачастую был им в какой-то мере уже знаком.

Все рассмотренные игры были командными. Размеры команды менялись в зависимости от игры от двух до восьми человек. Поэтому принято было решение проверить, зависит ли отношение студентов к игре от размера команды. Команды были поделены на большие (4-8 человек) и маленькие (2-3) человека. Большие команды были в играх «Envisioning & Planning», «Scrum» и «Программный продукт», маленькие во всех остальных. Средние значения интересности и полезности для команд разного размера приведены в таблице 3. Хоть игры с командами с большим числом человек были оценены несколько выше игр с командами меньшего размера (примерно на 1 балл), но обе оценки высокие, поэтому можно считать, что размер команды на отношение студентов к игре не влияет.

Таблица 3. Средние значения в зависимости от размера бригады

Размер бригады	*Интересность*	*Полезность*
4–8 человек	8,66	8,76
2–3 человека	7,80	8,01

На время проведения исследования пришелся период пандемии, который заставил перевести обучение в дистанционный формат. Для ряда игр это не играло никакой роли (например, для компьютерного симулятора «ИТ-менеджер»). Но для двух – «*Envisioning & Planning*» и «*Scrum*» – потребовалась разработка принципиально новых методик. Возник вопрос: влияет ли на отношение студентов к таким играм формат проведения игры: дистанционный или аудиторный? Средние значения интересности и полезности для разного формата проведения игр приведены в таблице 4. Оценки за интересность отличаются всего на 0,2 балла в пользу аудиторных занятий. Для полезности разница

больше – на 1,3 балла. Но все оценки достаточно высоки. Можно считать, что формат проведения игр на отношение студентов заметно не влияет.

Таблица 4. Средние интересность и полезность игр в зависимости от формата проведения игр

Формат проведения игр	*Интересность*	*Полезность*
Дистанционный	8,33	7,21
Аудиторный	8,51	8,55

По применению компьютеров все игры были поделены на три категории:

– бескомпьютерные;

– с частичным использованием компьютера (часть работы, иногда главная, выполнялась без компьютера; компьютерные программы применялись на отдельных этапах);

– компьютерные симуляторы.

В первую категорию попали две «застольные» игры («*Envisioning & Planning*» и «*Scrum*»), во вторую – три задания («*Stabilizing*», «*Deploying*» и «Преобразование программы в программный продукт»), в третью – только одно: симулятор «ИТ-менеджер». (Заметим, что обе «застольные» игры могут проводиться как аудиторно, так и в дистанционном формате. То есть в данном случае нас интересует использование компьютера не как средства связи, а с точки зрения содержания игры.)

Возник вопрос: влияет ли наличие в игре программной компоненты на отношение студентов. Средние значения интересности и полезности для каждой категории игр приведены ниже в таблице 5. Оказалось, что формально самыми интересными являются игры бескомпьютерные. Но их превосходство над компьютерным симулятором ничтожно (0,3 балла). Сильнее всего отстают игры с частичным использованием компьютера. Но и их отставание от бескомпьютерых игр всего лишь 1,2 балла. Что касается полезности, то там разброс оценок составляет всего 0,63 балла. Можно сделать вывод, что наличие компьютерной составляющей не влияет на отношение студентов к игре.

Таблица 5. Средние интересность и полезность игр в зависимости от наличия в игре компьютерной составляющей

Категория игр	*Интересность*	*Полезность*
Все	8,23	8,39
Бескомпьютерные	8,84	8,77
С частичным использованием компьютера	7,65	8,14
Компьютерные симуляторы	8,54	8,27

В таблице 6 и на рисунках 7 и 8 представлен гендерный аспект исследования. Из таблицы и диаграмм видно, что восприятие студентами деловых игр и симуляторов от пола не зависит. Оценки женщин не на много больше оценок мужчин для интересности (не больше 0,5), и для полезности (не больше 1). За 6 лет проведения игр видно, что оценки за полезность были чуть выше оценок за интересность у обоих полов, но, в целом, и те, и те достаточно высоки.

Таблица 6. Средние интересность и полезность игр в зависимости от пола студентов

	Интересность			*Полезность*		
	ПГУ	*ВШЭ*	*Вместе*	*ПГУ*	*ВШЭ*	*Вместе*
Стабилизация	6,93	7,82	6,93	6,65	8,79	7,88
Скрам	8,78	9,04	8,75	8,18	9,03	8,68
Развертывание	8,05	8,46	7,86	6,68	8,68	7,86
Программный продукт	8,36	8,76	8,22	8,42	8,90	8,73
ИТ-менеджер	8,58	8,68	8,54	7,53	8,68	8,27
E & P	8,91	9,09	8,91	8,43	9,08	8,83

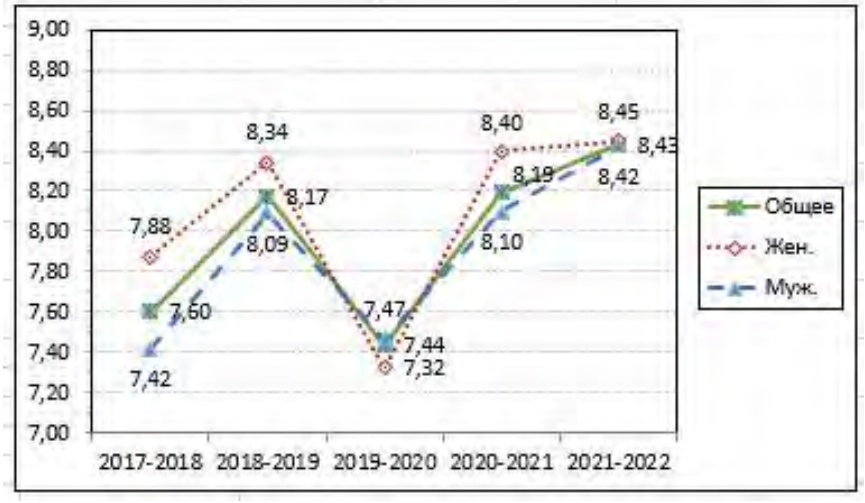


Рисунок 7. Средняя оценка интересности игр в зависимости от пола студента

Заключение. Цель исследования состояла в том, чтобы определить отношение студентов к включению в учебный процесс деловых игр и компьютерных тренажеров (далее – игр) и выявить факторы, которые оказывают влияние на это отношение. Материалом исследования стали наблюдения за студентами двух пермских вузов, собранные в течение шести лет и касающиеся шести игр. В ходе исследования применялись статистические методы, классификация, визуализация.

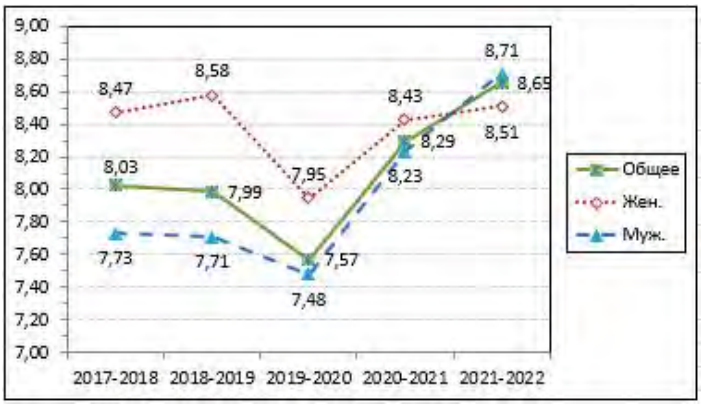


Рисунок 8. Средняя оценка полезности игр в зависимости от пола студента

Оказалось, что форма деловой игры оценивается студентами как интересная и полезная, превосходящая по эффективности традиционные лекционно-практические

занятия, заслуживающая более широкого применения. Речь не идет о полной замене лекционной системы. Речь о применении игр для закрепления теоретических знаний, полученных на лекциях, и для получения практических навыков.

За 6 лет наблюдений выяснилось, что оценки имеют тренд к медленному росту, хоть хотя в 2019-20 уч.г. имело место некоторое снижение.

На восприятие студентами деловых игр влияет год обучения (первокурсники оценивают игры выше, чем третьекурсники), но не влияют наличие или отсутствие в игре компьютерной составляющей, дистанционный или аудиторный формат проведения игр, размер команды, пол студентов.

Список литературы

[1] Останина Е.А. Дидактические особенности применения деловых игр в современном мире при обучении с использованием дистанционных образовательных технологий. // Человеческий капитал. №6 (126) Часть 2. – С.529-540.

[2] Бабанова И.А. Деловые игры в учебном процессе // Научные исследования в образовании (2012). №7. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/delovye-igry-v-uchebnom-protsesse (дата обращения: 01.02.2024).

[3] Дмитриенко Н. А. Принципы деловой игры в учебном процессе на примере изучения курса «Базы данных» // Вестник БелИРО (2020). Том 7 №4 (18). -С. 30-37.

[4] Закирова Э.И. Использование деловых игр в преподавании IT-дисциплин // Дискуссия (2015). №6 (58). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-delovyh-igr-v-prepodavanii-it-distsiplin (дата обращения: 01.02.2024).

[5] Лежнева М.С. Игра как средство развития мотивационной готовности будущих специалистов в области компьютерных технологий к межпрофессиональному взаимодействию // Современные проблемы науки и образования (2011). № 5.

[6] Лежнева М.С. Развитие готовности будущих IT-специалистов к межпрофессиональному взаимодействию посредством использования игровых технологий // Педагогика и психология образования (2016). №4. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-gotovnosti-buduschih-it-spetsialistov-k-mezhprofessionalnomu-vzaimodeystviyu-posredstvom-ispolzovaniya-igrovyh-tehnologiy (дата обращения: 01.02.2024).

[7] Лежнева М.С. Технология формирования готовности будущих IT-специалистов к межпрофессиональному взаимодействию // Вестник Оренбургской государственного педагогического университета (2013). №1 (24). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologiya-formirovaniya-gotovnosti-buduschih-it-spetsialistov-k-mezhprofessionalnomu-vzaimodeystviyu (дата обращения: 01.02.2024).

[8] Михайленко Т. М. Методика организации и проведения продуктивной (деловой) игры для младших школьников // Дискуссия (январь 2017). №1 (75). — С. 133-138. [9] Тейлор Дж, Рэйден Т. Получение конкурентных преимуществ путем автоматизации принятия скрытых решений. М.: Символ-плюс, 2009. – 448 с.

[9] Напалкова М.В. Деловая игра как активный метод обучения // ИТС (2012). №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/delovaya-igra-kak-aktivnyy-metod-obucheniya (дата обращения: 01.02.2024).

[10] Санина Е.И. Компьютерные учебно-деловые игры в курсе высшего образования // Педагогика и психология в преподавании иностранного языка для специальных целей (2015). — С. 517-524.

[11] Скотников И.И. Состояние и развитие обучения на основе компьютерных деловых игр // ПНиО. (2016). №4 (22). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/sostoyanie-i-razvitie-obucheniya-na-osnove-kompyuternyh-delovyh-igr (дата обращения: 01.02.2024).

[12] Соловьев И.В. Инкрементная компьютерная деловая игра как технология обучения // Интеграция образования (2015). №2 (79). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/inkrementnaya-kompyuternaya-delovaya-igra-kak-tehnologiya-obucheniya (дата обращения: 01.02.2024).

[13] Чекалдин А.М. Деловая игра как активный метод обучения в вузе // Успехи современной науки (2017). Том 7 №4. — С. 98-100. [14] Тейлор Дж, Рэйден Т. Получение конкурентных преимуществ путем автоматизации принятия скрытых решений. М.: Символ-плюс, 2009. – 448 с.

[14] Microsoft Corporation. Microsoft Solutions Framework. MSF Project Management Discipline v.1.1. 2002.

[15] Рубин К.С. Основы Scrum: практическое руководство по гибкой разработке ПО. // К.С. Рубин. – Диалектика-Вильямс. 2013.

[16] Мустафина Н.И., Плаксин М.А. О влиянии дистанционного режима на восприятие студентами деловых игр. //Дистанционное обучение – образовательная среда XXI века: материалы XII Междунар. науч.-метод. конф. (Республика Беларусь, Минск, 26 мая 2022 года) – Минск: БГУИР, 2022. – С.37.

[17] Мустафина Н.И., Плаксин М.А. Отношение студентов к применению деловых игр и компьютерных симуляторов в изучении программной инженерии. Сравнение Пермского госуниверситета и Пермского филиала Высшей школы экономики. //Актуальные проблемы математики, механики и информатики 2022. Сборник статей по материалам студенческой конференции (г. Пермь, 25 мая – 10 июня 2022 г.) / под редакцией А.В. Черникова, М.М. Бузмаковой ; Пермский государственный национальный исследовательский университет. – Электронные данные. – Пермь, 2022. С.83-88.

[18] Мустафина Н.И. Исследование отношения студентов-программистов к внедрению компьютерных тренажеров и деловых игр в учебную программу. //Электронные системы и технологии: материалы 59-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (г.Минск, 17–21 апреля 2023 г.). – Минск, 2023. С.978-980.

Авторский вклад

Мустафина Назгуль Ибрагимовна – заполнение базы данных, анализ данных.

Плаксин Михаил Александрович – постановка задачи исследования, подготовка и проведение игр, постановка задачи на работку компьютерных компонент игр, сбор данных, анализ полученных результатов, формирование структуры статьи, подготовка текста.

USING DATA ANALYSIS TO OPTIMIZE THE LEARNING PROCESS: STUDENTS' ASSESSMENT OF THE INTEREST AND USEFULNESS OF BUSINESS GAMES

N.I. Mustafina
3rd year student in the "Software Engineering" program at the Perm branch of the National Research University "Higher School of Economics"

M. A. Plaksin
Associate Professor of the Department of Information Technologies in Business of the Perm Branch of the National Research University Higher School of Economics, Associate Professor of the Department of Computer Science of the Perm State National Research University, PhD in Computer Sciences, Associate Professor

Abstract. An analysis of a dataset accumulated over six years on the attitude of several hundred students of two Perm universities (a branch of the Higher School of Economics and a state university) towards the inclusion of business games and computer simulators in the educational process is proposed. The score is consistently high. The effectiveness of game forms is rated higher than traditional lecture-practical ones. The assessment depends little on factors such as the year of study, classroom or distance form of the game, etc.

Keywords: computer simulator, simulation, business game, programming technology, software engineering, collective development of software systems, educational process, university

УДК 681.518.22

ПРОТОТИП ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ С БИООБЪЕКТАМИ

Осипов А.Н.
Заведующий лабораторией НИЧ БГУИР, доцент,к.т.н.,
osipov@bsuir.by

Клюев А.П.
Старший преподаватель кафедры ИПиЭ БГУИР
kluev@bsuir.by

Батура М.П.
Заведующий НИЛ "Новые обучающие технологии", д. т. н., профессор,
bmpbel@bsuir.by

Каленкович Е.Н.
Старший преподаватель кафедры ИРТ БГУИР,
kalenkovich_evg@bsuir.by

А.Н.Осипов
Работает в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов – биомедицинская инженерия.

А.П.Клюев
Работает в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники. Область научных интересов – системы с биологической обратной связью.

М.П.Батура
Работает в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники. Системный анализ, обработка информации в технических и организационных ситемах.

Е.Н.Каленкович
Работает в Белорусском государственном университете информатики и радиоэлектроники. Радиоэлектронные системы.

Работа выполняется по заказу, при финансировании и участии УП "Фребор", г.Борисов, Республика Беларусь

Аннотация. Приведено описание программного обеспечения испытательного стенда, предназначенного для исследования воздействия электромагнитного излучения и фантома человеческого тела.

Ключевые слова. Информационная система, электромагнитное излучение, воздействие на человека, испытательный стенд.

Введение. Количественная и четкая проверка работоспособности и безопасности микроволновых систем и устройств, которые имеют электромагнитное взаимодействие с организмом человека, является важной задачей при разработке и производстве подобных устройств. Математическая модель такого взаимодействия как правило не учитывает ряда факторов, отражающих реальную среду исследований [1]. Использование живых людей для тестирования устройств с одной стороны подвергает всю процедуру тестирования ряду неизбежных факторов неопределенности (переменная влажность кожи, движение дыхательных путей и т.д.), с другой стороны, является серьезной этической проблемой.

Таким образом, изучение вопросов взаимодействия различного рода излучений с человеческим телом является сложной научно-инженерной задачей. Одним из способов, позволяющим получить дополнительные уточняющие сведения для ее решения, является применение специальных испытательских стендов, в которых в качестве объекта воздействия используются фантомы человеческого тела [2,3]. Современные испытательные стенды позволяют проводить многократные испытания/измерения в контролируемой среде. Эта среда необходима для проверки производительности во всех возможных сценариях эксплуатации и обеспечения безопасности этих устройств и систем. Важной составляющий испытательных стендов является их программное обеспечение. В связи с этим в данной статье рассматриваются вопросы реализации прототипа информационной системы испытательного стенда для исследования воздействия электромагнитного излучения на человека.

Прототип информационного обеспечения испытательного стенда. Разработанный прототип информационной системы испытательного стенда обеспечивает функционирование стенда в различных режимах. Испытательный стенд состоит из 5 идентичных тестовых ячеек, в которые помещаются фантомы человеческого тела. Система управления стенда реализована по схеме с магистральной шиной (рис.1). Блок управления выполнен на базе одноплатного компьютера *Raspberry*. Программа стенда предусматривает выбор ячейки испытательного стенда, установку для него исходных параметров, работу ячеек в соответствии с заданными режимами функционирования, предварительную обработку данных и их архивацию, углубленный анализ данных исследований. Предусмотрено установка различных параметров воздействия на фантом (частота, мощность излучения и т.д.) и параметров состояния среды (температура материала фантома и др.). при реализации программы для обеспечения требуемой параметров функционирования (точности установки параметров, энергопотребления и т.д.) использованы модули подпрограмм ПИД-регулятора, широтно-импульсной модуляции, цифровой фильтрации сигналов.

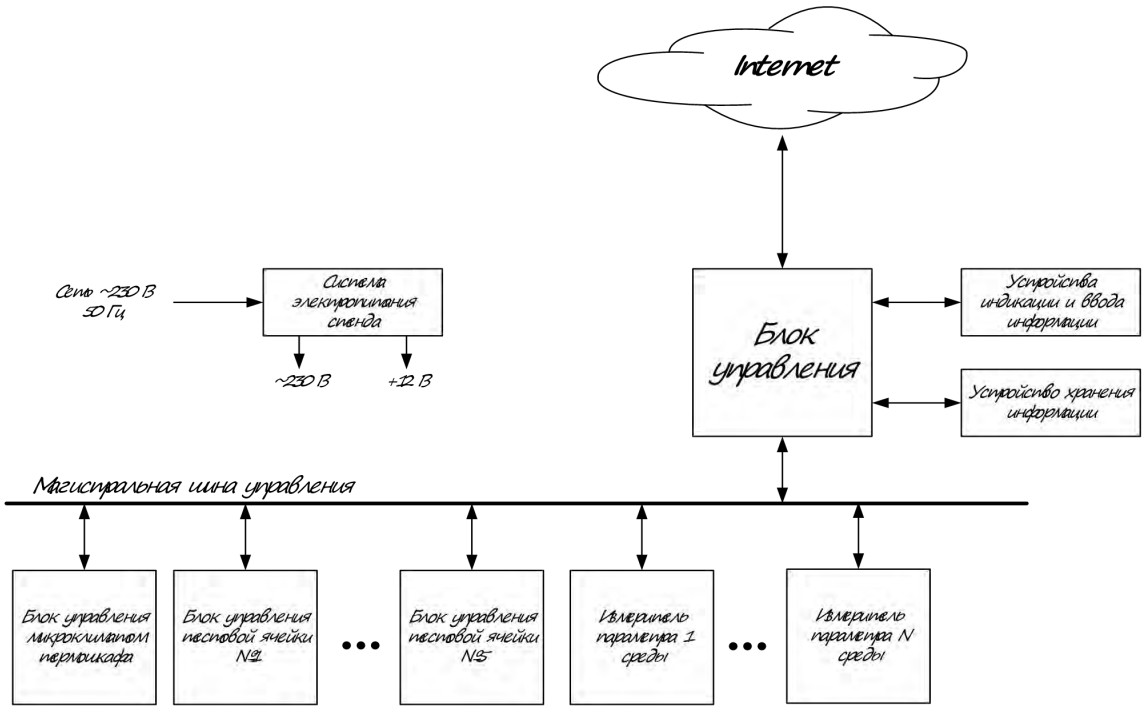


Рисунок 1. Структурная схема системы управления испытательным стендом

Каждая ячейка испытательного стенда функционирует независимо и в соответствии с заданной программой. Параметры измерений записываются в контроллеры ячеек и по запросу передаются на центральный процессор для хранения в . базе данных. программное обеспечение стенда позволяет выполнять статистический анализ измеренных значений.

Заключение. Представленная информационная система испытательного стенда характеризуется гибкостью в задании параметров и режимов проведения исследований и может быть использована для разработки новых и более эффективных устройств и систем, которые основаны на взаимодействии электромагнитных излучений и определенных частей человеческого тела.

Список литературы

[1] S. Gabriel, R.W. Lau, and C. Gabriel, «The dielectric properties of biological tissues: III. Parametric models for the dielectric spectrum of t issues» Phys. Med. Biol., vol. 41, no. 11, pp. 2271–2293, Nov. 1996.

[2] M. O'Halloran, S. Lohfeld, G. Ruvio, J. Brow ne, F. Krewer, C. O. Ribeiro, V. C. I. Pita, R. C. Conceicao, E. Jones, and M. Glavin, «Development of anatomically and dielectrically accurate breast phantoms for microwave breast imaging applications», in Proc. SPIE 9077 Radar Sensor Technology XVII, May 2014, pp. 1–7.

[3]Ahmed T. Mobashsher; Amin M. Abbosh «Artificial Human Phantoms: Human Proxy in Testing Microwave Apparatuses That Have Electromagnetic Interaction with the Human Body» IEEE Microwave Magazine 16**(6),** March 2015, c.42-62.

Авторский вклад

Авторы внесли равноценный вклад в написании статьи

PROTOTYPE OF THE INFORMATION SYSTEM OF THE TEST STAND FOR THE INTERACTION OF ELECTROMAGNETIC RADIATION WITH BIOLOGICAL OBJECTS

Osipov A.N.
Head of the laboratory of the BGUIR Research Institute, Associate Professor, PhD.,

Klyuev A.P.
Senior lecturer of the Department of IPiE BGUIR

Batura M.P.
Head of the Research Institute «New Learning Technologies», Doctor of Technical sciences, Professor,

Kalenkovich E.N.
Senior lecturer departments of IRT BGUIR,

Annotation. The description of the software of the test bench designed to study the effects of electromagnetic radiation and the phantom of the human body is given.

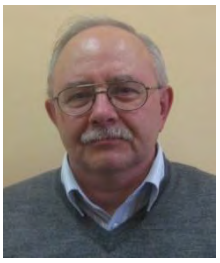
Keywords. Information system, electromagnetic radiation, human exposure, test bench.

УДК 519.714

ВЫДЕЛЕНИЕ ПОДСИСТЕМ БУЛЕВЫХ ФУНКЦИЙ ДЛЯ СОВМЕСТНЫХ ДИЗЪЮНКТИВНО-КОНЪЮНКТИВНЫХ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ РАЗЛОЖЕНИЙ

П.Н. Бибило
Заведующий лабораторией логического проектирования ОИПИ НАН Беларуси, доктор технических наук, профессор
bibilo@newman.bas-net.by

С.Н. Кардаш
Старший научный сотрудник лаборатории логического проектирования ОИПИ НАН Беларуси, кандидат технических наук
kardash77@gmail.com



В.И. Романов
Ведущий научный сотрудник лаборатории логического проектирования ОИПИ НАН Беларуси, кандидат технических наук, доцент
rom@newman.bas-net.by

П.Н. Бибило

С 1994 г. является заведующим лабораторией логического проектирования Объединенного института проблем информатики НАН Беларуси, с которым неразрывно связана вся его трудовая деятельность. Основные научные результаты Бибило П.Н. относятся к теории логического проектирования цифровых устройств, основные направления – разработка методов синтеза цифровых устройств с использованием современной элементной базы сверхбольших интегральных схем (СБИС), автоматизация процессов проектирования (синтеза, моделирования и функциональной верификации) заказных цифровых СБИС, разработка систем автоматизированного проектирования (САПР).

С.Н. Кардаш

Окончил БГУ им. Ленина. Область научных интересов – синтез матричных структур заказных цифровых СБИС, разработка программ логической оптимизации систем булевых функций.

В.И. Романов

Область научных интересов – разработка инструментария для решения задач логико-комбинаторного характера, разработка программного обеспечения САПР дискретных устройств и применения в них методов искусственного интеллекта.

Аннотация. Рассматривается задача логической оптимизации представлений систем булевых функций – выделение из заданной системы булевых функций подсистем, функции которых можно представить в виде совместного алгебраического разложения. Совместность заключается в использовании одной и той же функции для разложения (дизъюнктивного, конъюнктивного) всех функций выделенной подсистемы. Приводятся результаты экспериментального исследования программной реализации предложенного алгоритма выделения подсистем булевых функций.

Ключевые слова: система булевых функций, совместное алгебраическое разложение, *Binary Decision Diagram* (*BDD*), разложение Шеннона, синтез логической схемы, *VHDL*.

Введение. Синтез комбинационных логических схем в заданном базисе логических элементов, называемом также технологической библиотекой проектирования, выполняется обычно в два этапа. На первом этапе проводится технологически независимая минимизация представлений систем булевых функций, являющихся математическими моделями функционирования комбинационных схем, на втором этапе выполняется покрытие минимизированных описаний систем функций функциональными описаниями базисных логических элементов [1]. Для уменьшения сложности (площади)

кристаллов цифровых СБИС (сверхбольших интегральных схем) при минимизации представлений ДНФ (дизъюнктивных нормальных форм) систем булевых функций выделяются общие части элементарных конъюнкций либо дизъюнкций, что привело к созданию различных методов факторизации [2, 3], выполняемой после минимизации систем булевых функций в классе ДНФ. Совместная минимизация ДНФ систем функций [4, 5] ориентирована на получение возможно меньшего числа элементарных конъюнкций, из которых можно образовать ДНФ каждой из функций системы. Минимизация представлений систем функций в виде суперпозиций функций с меньшим числом аргументов привела к развитию разнообразных методов декомпозиции, среди которых выделяются методы алгебраической декомпозиции «от выходов» [6, 7], называемые в зарубежной литературе *bi-decomposition* [8 - 10], когда в качестве выходных функций, по которым производится разложение, выступают двухместные алгебраические операции (булевы функции) дизъюнкции (ИЛИ), конъюнкции (И), «суммы по модулю 2» (исключающего ИЛИ).

В данной работе изучаются разложения булевых функций «от выходов» - совместные алгебраические дизъюнктивные и конъюнктивные разложения системы булевых функций. Рассматривается задача выделения из заданной системы булевых функций подсистем, функции которой можно представить в виде совместного алгебраического разложения. Совместность заключается в использовании одной и той же функции для разложения всех функций выделенной подсистемы. Приводятся результаты экспериментального исследования эффективности программной реализации предложенного алгоритма выделения подсистем булевых функций.

Основные определения и постановка задачи. Пусть задана система $\boldsymbol{f(x)} = (\ f^1(\boldsymbol{x})\ ,\ldots,\ f^r(\boldsymbol{x})\ )$, $\boldsymbol{x} = (x_1,...,x_n)$, булевых функций, отличных от функций-констант 0, 1. Характеристическим множеством $M^1_{f^i}$ компонентной функции $f^i(\boldsymbol{x})$, i=1,…, r, называется множество элементов булева пространства, на которых функция $f^i(\boldsymbol{x})$ принимает единичное значение. Через $M^0_{f^i}$ обозначим множество элементов булева пространства, на которых функция $f^i(\boldsymbol{x})$ принимает нулевое значение.

Совместным ***дизъюнктивным*** *разложением* функций $f^i(\boldsymbol{x})$, i=1,…, r, системы $\boldsymbol{f(x)}$ назовем их представление в виде

$$\begin{aligned} & f^1(\boldsymbol{x}) = h(\boldsymbol{x}) \quad f^1_{ost}(\boldsymbol{x}) \\ & \ldots \\ & f^r(\boldsymbol{x}) = h(\boldsymbol{x}) \quad f^r_{ost}(\boldsymbol{x}) \end{aligned} \qquad (1)$$

Совместность заключается в том, что все функции системы в своих разложениях имеют общую (совместно используемую) подфункцию $h(\boldsymbol{x})$. Совместное дизъюнктивное разложение (1) существует, если $\bigcap_{i=1}^{r} M^1_{f^i}$. Очевидно, что $M^1_h \quad \bigcap_{i=1}^{r} M^1_{f^i}$. Обозначим через $|A|$ мощность множества A. Мерой связанности $\alpha_{f,h}$ функций системы $\boldsymbol{f(x)}$ в совместном дизъюнктивном разложении (1) назовем отношение мощности $|M^1_h|$ характеристического множества M^1_h функции $h(\boldsymbol{x})$ к общему числу

2^n элементов булева пространства размерности *n*, построенного над вектором $\boldsymbol{x} = (x_1,...,x_n)$

$$\alpha_{\boldsymbol{f},h} = \frac{\left|M_h^1\right|}{2^n} \quad . \tag{2}$$

Совместным ***конъюнктивным*** *разложением* функций $f^i(\boldsymbol{x})$, *i*=1,…, *r*, системы $\boldsymbol{f(x)}$ назовем их представление в виде

$$\begin{aligned} &f^1(\boldsymbol{x}) = g(\boldsymbol{x}) \,\&\, f^1_{ost}(\boldsymbol{x}) \\ &\dots \\ &f^r(\boldsymbol{x}) = g(\boldsymbol{x}) \,\&\, f^r_{ost}(\boldsymbol{x}) \end{aligned} \tag{3}$$

Совместное конъюнктивное разложение (3) существует, если $\bigcap_{i=1}^{r} M^0_{f^i}$, при этом $M_h^0 \quad \bigcap_{i=1}^{r} M^0_{f^i}$. Аналогично, мерой связанности $\alpha^{\&}_{\boldsymbol{f},g}$ функций системы $\boldsymbol{f(x)}$ совместного конъюнктивного разложения (3) назовем

$$\alpha^{\&}_{\boldsymbol{f},g} = \frac{\left|M_g^0\right|}{2^n} \quad . \tag{4}$$

Система функций $\boldsymbol{f(x)}$ называется S_p *-связанной*, если $p^n_{max} \quad p$, где

$$p^n_{max} = \left|\bigcap_{i=1}^{r} M^1_{f_i}\right| \tag{5}$$

Иначе говоря, система функций $\boldsymbol{f(x)}$ называется S_p *-связанной*, если имеются *p* наборов *n*-мерного булева пространства (строк таблицы истинности), на которых все компонентные функции $f^i(\boldsymbol{x})$ принимают значение 1. Если система функций является S_p *-связанной*, то она будет S_q *-связанной* для всех *q*, удовлетворяющих условию 0<*q*<*p*. Число p^n_{max} назовем *весом дизъюнктивной связанности* системы функций, или весом связанности «по единичным значениям функций», так как для S_p *-связанной* системы можно построить дизъюнктивное разложение (1) с мерой связанности $\alpha_{\boldsymbol{f},h} = \frac{p}{2^n}$. Аналогично, система функций $\boldsymbol{f(x)}$ называется S_c *-связанной*, если $c^n_{max} \quad c$, где $c^n_{max} = \left|\bigcap_{i=1}^{r} M^0_{f_i}\right|$. Иначе говоря, система функций $\boldsymbol{f(x)}$ называется S_c *-связанной*, если имеются *c* наборов *n*-мерного булева пространства, на которых все компонентные функции $f^i(\boldsymbol{x})$ принимают значение 0. Число c^n_{max} назовем *весом конъюнктивной связанности* системы функций, или весом связанности «по нулевым значениям функций»,

так как для S_c *-связанной* системы можно построить конъюнктивное разложение (3) с мерой связанности $\alpha^{\&}_{f,g} = \frac{c}{2^n}$.

Задача 1. Задана таблица истинности системы $\boldsymbol{f(x)}=(f^1(x),\ldots,f^m(\boldsymbol{x}))$ полностью определенных булевых функций. Заданы число *r* (*r*<*m*) функций, мера связанности α и вид (1) или (3) совместного алгебраического разложения. Требуется из заданной системы булевых функций, выделить минимальное число попарно непересекающихся подсистем, каждая из которых содержит не менее *r* функций и каждую из которых можно представить совместным алгебраическим разложением (1) или (3) с мерой связанности, не меньшей α, при этом выделенные подсистемы должны содержать возможно большее число функций заданной системы.

Точное решение задачи 1 для *дизъюнктивных* разложений может быть сведено к:

– нахождению всех максимальных по мощности S_p -связанных подсистем функций, при этом те функции исходной системы, которые не вошли ни в одну из подсистем, образуют подсистему «остаток»;

– построению булевой матрицы *R* вхождения компонентных функций, не вошедших в «остаток», в подсистемы – каждой подсистеме соответствует строка матрицы *R*;

– нахождению кратчайшего строчного покрытия матрицы *R*, методы решения этой задачи подробно изложены в [5];

– обеспечению взаимной непересекаемости подсистем, вошедших в кратчайшее строчное покрытие, путем удаления некоторых функций из пересекающихся подсистем.

Решение задачи 1 для *конъюнктивных* разложений аналогично – вместо S_p -связанных подсистем функций рассматриваются S_c-связанные подсистемы.

Введем в рассмотрение *m*-компонентный булев вектор $\beta=(\beta_1,\beta_2,...,\beta_m)$, называемый вектором поляризации для компонентных функций $f^i(\boldsymbol{x})$. Обозначим β_i=1, если рассматривается функция $f^i(\boldsymbol{x})$, и β_i=0, если берется инверсия $\overline{f^i}$. Система $\boldsymbol{f(x)}$ функций называется S_p^{β} *-связанной*, если для вектора $\beta=(\beta_1,\beta_2,...,\beta_m)$ поляризации соответствующая система функций является S_p *-связанной*. Аналогично определяется и S_c^{β} -связанные подсистемы при нахождении конъюнктивных разложений.

Задача 2. Решить задачу 1 с учетом возможности инверсирования функций исходной системы.

Решение задачи 2 сводится к нахождению вектора поляризации $\beta=(\beta_1,\beta_2,...,\beta_m)$, для которого из исходной системы выделяется возможно меньшее число S_p^{β} *-связанных* (либо S_c^{β} -связанных) подсистем, каждая из которых имеет соответствующее совместное алгебраическое разложение.

Эвристический алгоритм решения задачи 2. Идея алгоритма состоит в выделении из системы функций некоторой подсистемы и построении соответствующего дизъюнктивного разложения (1) входящих в подсистему функций. Функции подсистемы выбираются с учетом полярности – в прямой либо инверсной форме, в зависимости от того, какая из них приводит к более компактному решению. Функции, не вошедшие в выделенную подсистему, образуют подсистему «остаток», к которому описанная процедура может применяться до тех пор, пока последний остаток перестанет удовлетворять необходимым требованиям по связанности областей единичных значений.

Пусть задан параметр связности $\alpha = p/2^n$ - рассматривается связность по областям единичных значений функций. Функцию будем называть *p*-совместимой с S_p -связанной

подсистемой, если добавление этой функции в подсистему оставляет расширенную подсистему S_p -связанной. Алгоритм является итеративным, на первом шаге текущей системой функций является исходная система.

Шаг 1. Оценивается связанность «по единичным значениям» столбцов значений функций текущей системы, каждая из функций f^i рассматривается как в прямой f^i, так и инверсной $\overline{f}^i$ форме. Перебираются $C_{2m}^2 - m$, $m > 1$, всевозможных неупорядоченных пар функций текущей системы, для пар находится *вес дизъюнктивной связанности*, при этом пары $\{ f^i \; f^i \}$, $\{ \overline{f}^i \; \overline{f}^i \}$, $\{ f^i \; \overline{f}^i \}$ не рассматриваются. Если ни одна из подсистем, состоящих из пары функций не является S_p -связанной, то из системы нельзя выделить ни одной из подсистем, для которых имеется дизъюнктивное разложение (1) с мерой связанности $\alpha = p / 2^n$.

Шаг 2. Выделение подсистемы. Первую пару функций выделяемой подсистемы образует пара функций с максимальным значением веса (5) связанности, если таких несколько – выбирается первая из них. Выбранные функции помечаются. Затем происходит процесс наращивания множества функций подсистемы. На каждом шаге последовательно перебираются непомеченные функции, и в подсистему добавляется первая функция (либо ее инверсия), не нарушающая условия *p*-совместимости. Процесс добавления прекращается, если среди непомеченных не осталось *p*-совместимых функций. В таблице истинности полученной подсистемы имеется не менее *p* наборов, на которых все функции подсистемы имеют единичное значение. Для полученной подсистемы проводится дизъюнктивное разложение (1).

Шаг 3. Из текущей системы удаляются все функции, вошедшие в выделенную подсистему.

Шаг 4 (итеративный). Такой процесс формирования подсистем продолжается до тех пор, пока все функции не будут размещены по подсистемам, либо когда останутся функции, каждая пара которых не является S_p -связанной. Эти оставшиеся функции образуют подсистему «остаток».

Аналогичным образом решается задача выделения подсистем для конъюнктивных разложений, рассматриваются S_c -связанные подсистемы и формулируется понятие *c*-совместимой функции.

Рассмотрим **пример** системы булевых функций, заданных в табл. 1, для этой системы *n*=*m*=4. Результат работы эвристического алгоритма для ограничений *r*=2, $\alpha = 8 / 2^4 = 0{,}5$ (50% связанности по единичным значениям функций) даны в табл. 2 – 4.

На первом шаге для функций f^i, $\overline{f}^i$, *i*=1,…, 4, (табл. 1) находятся неупорядоченные пары функций, для которых подсчитывается значение p_{max}^4 . Например, для пары $\{ f^1$, $f^2 \}$ p_{max}^4 =6, так имеется шесть наборов (0001), (0011), (0101), (0111), (1010), (1011), на которых функции f^1, f^2 одновременно принимают единичное значение. В результате на первом шаге первой итерации алгоритма выбирается пара $\{ f^1$, $\overline{f}^4 \}$, для которой p_{max}^4 =9. На шаге 2 выясняется, что добавить в выделенную подсистему функций нельзя ни одну из оставшихся функций f^2 , $\overline{f}^2$, f^3 , $\overline{f}^3$ без нарушения *p*-совместимости. Поэтому на первой итерации формируется подсистема $\{ f^1$, $\overline{f}^4 \}$. Функции f^1 , f^4 исключаются из текущей системы.

Текущей системой на второй итерации является система $\{ f^2, \ f^3 \}$. Рассмотрев на первом шаге второй итерации пары $\{ f^2, \ f^3 \}$, $\{ f^2, \ \overline{f}^3 \}$, $\{ \overline{f}^2, f^3 \}$, легко убедиться в том, что они не являются *p*-совместимыми. Например, для пары f^2, f^3 функций имеется только два набора (0110), (0111), на которых эти функции одновременно принимают единичное значение. При записи дизъюнктивного разложения $\overline{f}^4 = h \quad 0$ выясняется, что f^4_{ost} =0 и $f^4 = \overline{h}$. Таким образом, при решении задачи 2 уравнение дизъюнктивного (и конъюнктивного) разложения может редуцироваться до оператора инверсии. В результате решения задачи 2 в качестве вектора поляризации выступает 4-компонентный булев вектор β=(1110), нулевая компонента вектора отмечает тот факт, что функция f^4 реализуется в инверсной форме.

Таблица 1. Система булевых функций

0 0 0 0	0 0 1 1
0 0 0 1	1 1 0 0
0 0 1 0	1 0 0 0
0 0 1 1	1 1 0 0
0 1 0 0	0 0 1 1
0 1 0 1	1 1 0 0
0 1 1 0	0 1 1 1
0 1 1 1	1 1 1 0
1 0 0 0	0 0 1 1
1 0 0 1	1 0 0 0
1 0 1 0	1 1 0 0
1 0 1 1	1 1 0 0
1 1 0 0	0 0 1 1
1 1 0 1	1 0 1 1
1 1 1 0	0 0 0 1
1 1 1 1	1 0 1 0

Таблица 2. Подсистема «остаток»

Матричная форма		*Логические уравнения (BDDI)*
$x_1\ x_2\ x_3\ x_4$	f^2 f^3	
0 0 0 0	0 1	`f2=^x1*sf0+x1*sf1;`
0 0 0 1	1 0	`f3=^x1*sf2+x1*sf3;`
0 0 1 1	1 0	`sf2=^x4*^sf1+x4*sf4;`
0 1 0 0	0 1	`sf3=^x4*^x3+x4*x2;`
0 1 0 1	1 0	`sf0=^x4*sf4+x4;`
0 1 1 0	1 1	`sf1=^x2*x3;`
0 1 1 1	1 1	`sf4=x2*x3;`
1 0 0 0	0 1	
1 0 1 0	1 0	
1 0 1 1	1 0	
1 1 0 0	0 1	
1 1 0 1	0 1	
1 1 1 1	0 1	

Таблица 3. Остаточные подфункции дизъюнктивного разложения

Матричная форма		*Логические уравнения (BDDI)*
$x_1\ x_2\ x_3\ x_4$	f^1_{ost}	

1 1 0 1	1	`f1ost=^x3*sf0;`
		`sf0=x1*sf1;`
		`sf1=x2*x4;`

Таблица 4. Общая подфункция дизъюнктивного разложения

Матричная форма		*Логические уравнения (BDDI)*
$x_1\ x_2\ x_3\ x_4$	h	
0 0 0 1	1	`h=^x3*sf0+x3*sf1;`
0 0 1 0	1	`sf1=^x4*^x2+x4;`
0 0 1 1	1	`sf0=x4*sf2;`
0 1 0 1	1	`sf2=^x1+x1*^x2;`
0 1 1 1	1	
1 0 0 1	1	
1 0 1 0	1	
1 0 1 1	1	
1 1 1 1	1	

***BDDI*-минимизация.** Под *BDDI-представлением* (*BDDI – Binary Decision Diagram with Inverse cofactors*) понимается ориентированный бесконтурный граф, задающий последовательные разложения Шеннона

$$f(\boldsymbol{x}) = \bar{x}_i f(x_1,\ldots,x_{i-1},0,x_{i+1},\ldots,x_n) \quad x_i f(x_1,\ldots,x_{i-1},1,x_{i+1},\ldots,x_n) \qquad (6)$$

булевой функции $f(\boldsymbol{x})=f(x_1,\ldots,x_n)$, $\boldsymbol{x}=(x_1,\ldots,x_n)$, либо системы $\boldsymbol{f}(\boldsymbol{x})=(f^1(\boldsymbol{x}),\ldots,f^m(\boldsymbol{x}))$ булевых функций по всем переменным $x_1,x_2,\ldots,x_n$ при заданном порядке (перестановке) переменных, по которым проводятся разложения, и при условии нахождения пар взаимно инверсных кофакторов. Функции $f_0=f(x_1,\ldots,x_{i-1},0,x_{i+1},\ldots,x_n)$, $f_1=f(x_1,\ldots,x_{i-1},1,x_{i+1},\ldots,x_n)$ в правой части (5) называются кофакторами (cofactors, англ.) разложения по переменной x_i. *BDDI*-представлению соответствует совокупность взаимосвязанных формул разложения Шеннона. Минимизация сложности *BDDI* заключается в нахождении последовательности (*перестановки*) переменных разложений Шеннона, при которой число пар взаимно инверсных кофакторов является наименьшим [1, 11].

Вычислительные эксперименты. Целью десяти проведенных вычислительных экспериментов на двух наборах примеров систем функций явилось выяснение эффективности использования программы выделения из системы булевых функций подсистем, для которых возможно совместное алгебраическое разложение, и сравнение этой программы с другими программами технологически независимой оптимизации. В экспериментах использовались представления систем булевых функций в языке *SF* и следующие программы системы *FLC*-2 [12] логической минимизации:

Wypo2 – программа выделения подсистем и построения для выделенных подсистем совместных алгебраических разложений при заданных значениях параметра α меры связанности и числа r функций в выделяемой подсистеме, программа обрабатывает системы функций, для которых число n аргументов не превышает 16;

AutoDecomp – программа нахождения лучшего значения q меры связанности по критерию минимальности общего числа литералов в формульных представлениях совместного дизъюнктивного либо конъюнктивного представления системы функций. Для пары α, r ограничений (значение α задавалось в процентах) программа *Wypo2* строила совместное алгебраическое разложение, после чего элементы полученной логической сети подвергались *BDDI*-минимизации и проводился подсчет суммарного числа литералов в *BDDI*-представлениях логической сети ;

BDD_Builder – программа [11] минимизации *BDDI*-представления системы булевых функций;

Espresso[4], *Tie* [13] – программы совместной минимизации системы булевых функций в классе ДНФ;

Набор 1 примеров для экспериментов 1 – 8 взят из библиотеки (*http*://*www*1.*cs.columbia.edu*/~*cs*6861/*sis*/*espresso-examples*/*ex*) примеров схем, представленных в формате *PLA*, при этом описания из формата *PLA* (матричное представление систем ДНФ) переводились в формат *SDF* матричных форм таблиц истинности системы *FLC*-2.

Параметры примеров систем функций (схем) для экспериментов и результаты экспериментов следующие: n – число аргументов; m – число функций; K_f – число наборов, на которых система функций имеет ненулевой вектор значений; $K_{ДНФ}$ – число элементарных конъюнкций в формате *PLA*; k_{min} – число элементарных конъюнкций в минимизированных ДНФ, полученных программой *Espresso*; α (%), r – ограничения для программы *Wypo2,* при которых программа *AutoDecomp* перебора совместных алгебраических разложений нашла лучшее решение по суммарному числу литералов в *BDDI*-представлениях функций совместного разложения: α - процент связанности в выделенных подсистемах; r – число функций в выделенных подсистемах; s – число функций в «остаточной» подсистеме, которую образуют функции, не вошедшие в

выделенные подсистемы; $\left|M_h^1\right|$, $\left|M_g^1\right|$ – мощности характеристических множеств функций *h*, *g,* соответственно; *Area* – суммарная площадь элементов схемы в условных единицах ; *Delay* – задержка схемы (нс).

Эксперименты были организованы следующим образом. Сначала (кроме эксперимента 8) выполнялась программа (либо несколько программ) технологически независимой минимизации. После логической минимизации описания представлений систем функций задавались логическими уравнениям, которые конвертировались в *VHDL* описания [14] и подавались на вход синтезатора *LeonardoSpectrum* – выполнялся синтез логических схем в библиотеке проектирования заказных КМОП СБИС, после синтеза выдавались отчеты о суммарной площади (*Area*) элементов схемы и отчеты о максимальной задержке (*Delay*). Синтезатор *LeonardoSpectrum* [14] перерабатывает входное описание, выполняет свою логическую минимизацию, получает внутреннее описание, по которому и синтезируется схема. Библиотекой синтеза являлась библиотека проектирования заказных цифровых КМОП СБИС, состав библиотеки приведен в [1].

Эксперимент 1. Программа *AutoDecomp* перебирала значения α =15, 25, 35,…,85 и *r*=2, 3, для которых выполнялась программа *Wypo2* выделения подсистем с совместными *дизъюнктивными* разложениями по заданным значениям α и *r*. Программа *AutoDecomp* находила совместное *дизъюнктивное разложение*, характеризуемое наименьшим суммарным числом литералов. Функциональные описания блоков выбранной логической сети (функции *h* и функции $f_{ost}^i(\boldsymbol{x})$) задавались логическими уравнениями, которые конвертировались в *VHDL*-описания.

Эксперимент 2. Отличается от эксперимента 1 тем, что программа *AutoDecomp* перебирала совместные *конъюнктивные разложения.*

Эксперимент 3. Для блоков логических сетей, задающих совместные дизъюнктивные разложения, найденные в эксперименте 1, осуществлялся переход к функциональным описаниям в виде таблиц истинности, затем к логическим уравнениям, задающим СДНФ (совершенные ДНФ), которые конвертировались в *VHDL*-описания.

Эксперимент 4. Для блоков логических сетей, задающих совместные *дизъюнктивные* разложения, найденные в эксперименте 1, осуществлялся переход к функциональным описаниям в виде таблиц истинности, для которых с помощью программы *Tie* выполнялась минимизация в классе ДНФ, минимизированные ДНФ представлялись логическими уравнениями, которые конвертировались в *VHDL*-описания.

Эксперимент 5. Отличается от эксперимента 4 тем, что рассматривались совместные *конъюнктивные* разложения, найденные в эксперименте 2.

Эксперимент 6. Исходная система функций совместно минимизировалась в классе ДНФ с помощью программы *Espresso*, минимизированные ДНФ представлялись логическими уравнениями, которые конвертировались в *VHDL*-описания.

Эксперимент 7. Для исходной системы функций выполнялась *BDDI*-минимизация с помощью программы *BDD_Builder*, минимизированные многоуровневые представления (логические уравнения) конвертировались в *VHDL*-описания.

Эксперимент 8. Для систем функций, заданных таблицами истинности, осуществлялся перевод в совершенные ДНФ, которые представлялись логическими уравнениями языка *SF*. Логическая оптимизация не выполнялась, уравнения конвертировались в *VHDL*-описания.

В качестве *набора 2 примеров* для экспериментов 9 и 10 рассматривались системы функций, мало отличающиеся по областям определений и полученные по результатам экспериментов [15], в которых выделялись подсистемы функций, связанные «по уравнениям», функции таких подсистем имеют много общих (одинаковых) уравнений в *BDDI*-представлениях.

Эксперимент 9. Совпадает с экспериментами 1 и 7 на наборе 2 примеров исходных данных.

Эксперимент 10. Совпадает с экспериментами 2 и 7 на наборе 2 примеров исходных данных.

Результаты схемной реализации системы функций (табл. 1) приведены в табл. 5, показывающие, что предварительное выделение подсистем, допускающих алгебраическое разложение, может уменьшать площадь схем по сравнению с предварительным проведением только *BDDI*-минимизации.

Результаты экспериментов 1 - 8 на потоке 1 примеров систем булевых функций приведены в табл. 6 - 9, на потоке 2 примеров – в табл. 10, 11.

Таблица 5. Результаты схемной реализации системы функций (табл. 1)

Площадь схемы (Area)	*Эксперимент 1 Совместное дизъюнктивное разложение*	*Эксперимент 2 Совместное конъюнктивное разложение*	*Эксперимент 7 BDDI-описание*
	4 380	4 419	4 659

Таблица 6. Результаты эксперимента 1

Имя	*n*	*m*	K_f	α , *r*	*s*	$\lvert M_h^1 \rvert$	*Эксперимент 1*	
							Area	*Delay*
*B*12	15	9	32 768	85, 2	7	29 504	*18 860	4.71
*B*9	16	15	23 530	35, 2	1	-	67 127	6.04
*BR*1	12	8	33	15, 2	0	4 063	48 914	7.96
*BR*2	12	8	35	15, 2	0	4 061	31 867	6.90
Dist	8	5	255	15, 2	1	-	*67 033	6.27
*IN*0	15	11	24 072	45, 3	4	16 964	140 499	10.58
INTB	15	7	32 768	45, 2	5	-	417 178	9.49
*M*181	15	9	32 768	85, 2	7	29 504	*19 469	3.59
*M*2	8	16	96	15, 2	0	160	48 044	4.41
*M*3	8	16	128	15, 2	0	128	*56 710	4.99
*MP*2*D*	14	14	16 384	85, 4	5	-	46 755	9.09
*P*82	5	14	24	15,2	0	8	25 183	4.02
ROOT	8	5	255	45, 2	3	-	*27 091	4.83
*T*3	12	8	4 096	85, 2	5	3 492	19 792	4.14
Tial	14	8	16 384	35, 2	3	-	406 336	9.78
*Z5xp*1	7	10	128	35, 2	8	-	*24 351	4.99

Таблица 7. Результаты эксперимента 2

Имя	*n*	*m*	K_f	$\alpha^{\&}$, *r*	*s*	$\lvert M_g^1 \rvert$	*Эксперимент 2*	
							Area	*Delay*
*B*9	16	15	23 530	25, 2	2	17 792	42 592	8.71
*BR*1	12	8	33	15, 2	0	33	30 578	9.84
*BR*2	12	8	35	15, 2	0	35	23 994	11.01
Dist	8	5	255	15, 2	1	-	77 032	6.40
INTB	15	7	32 768	15, 3	3	-	*346 853	10.17
*M*181	15	9	32 768	25, 2	2	14 240	23 500	6.19
*M*2	8	16	96	15, 2	0	96	*46 258	4.74
*M*3	8	16	128	15, 2	0	128	58 942	5.20
*MP*2*D*	14	14	16 384	15, 2	0	6 880	30 830	6.83
*P*82	5	14	24	15, 2	0	8	*20 334	3.11

Окончание таблицы 7

Имя	*n*	*m*	K_f	$\alpha^{\&}, r$	*s*	$\left\|M_g^1\right\|$	*Эксперимент 2*	
							Area	*Delay*
ROOT	8	5	255	45, 2	3	72	27 671	4.87
*T*3	12	8	4 096	75, 2	4	1 024	19 741	4.48
*Z5xp*1	7	10	128	35, 2	8	52	25 316	3.34

Таблица 8. Результаты экспериментов 3, 4, 5

Имя	*Дизъюнктивное разложение*		*Дизъюнктивное разложение +совместная минимизация (Tie)*		*Конъюнктивное разложение +совместная минимизация (Tie)*	
	Эксперимент 3		*Эксперимент 4*		*Эксперимент 5*	
	Area	*Delay*	*Area*	*Delay*	*Area*	*Delay*
*B*12	21 600	4.39	20 852	3.70	-	-
*B*9	-	-	158 171	16.01	52 363	7.97
*BR*1	46 191	8.18	48 624	8.42	30 383	8.09
*BR*2	28 508	7.17	24 524	6.66	22 052	10.65
Dist	76 686	7.02	75 040	-	110 741	6.55
INTB	-	-	560 148	11.62	457 248	9.72
*M*181	22 532	4.44	21 154	3.70	22 471	6.74
*M*2	60 515	7.00	72 121	7.33	48 998	5.72
*M*3	75 631	8.34	93 097	8.34	62 848	5.44
MP2D	-	-	59 366	7.00	28 151	6.51
*P*82	36 192	3.84	26 343	4.15	19 480	3.21
ROOT	29 284	4.64	31 148	5.00	31 494	3.90
*T*3	30 963	6.46	29 853	9.30	19 474	5.84
Tial	-	-	382 035	9.30	-	-
*Z5xp*1	24 820	3.68	27 152	3.18	27 057	3.34

Таблица 9. Результаты экспериментов 6, 7, 8

Имя	*n*	*m*	$K_{ДНФ}$	*Совместная минимизация (Espresso)*			*BDDI-минимизация*		*Исходные описания*	
				k_{min}	*Эксперимент 6*		*Эксперимент 7*		*Эксперимент 8*	
					Area	*Delay*	*Area*	*Delay*	*Area*	*Delay*
*B*12	15	9	431	41	20 813	3.20	18 358	3.59	не вып. синтез	
*B*9	16	15	123	119	*28 943	3.86	26 081	4.91	не вып. синтез	
*BR*1	12	8	34	19	*24 446	5.36	23 843	6.36	28 212	7.62
*BR*2	12	8	35	13	*18 196	4.70	21 371	6.34	22 632	6.37
Dist	8	5	256	121	79 956	5.44	60 085	6.08	83 136	7.03
*IN*0	15	11	138	107	*99 782	6.68	94 648	6.74	не вып. синтез	
INTB	15	7	664	629	369 653	10.42	272 555	8.67	не вып. синтез	
*M*181	15	9	430	41	21 115	3.20	19 469	3.90	не вып. синтез	
*M*2	8	16	96	47	59 170	6.77	45 086	5.20	62 412	7.31
*M*3	8	16	128	64	83 839	8.47	52 580	4.49	82 227	7.09
MP2D	14	14	123	33	*22 532	4.69	17 471	3.56	не вып. синтез	
*P*82	5	14	24	21	20 378	2.89	19 988	2.93	22 605	3.89
ROOT	8	5	256	57	40 221	5.01	26 109	4.78	55 750	6.47
T3	12	8	152	33	*17 834	2.89	17 276	3.59	41 978	5.90
Tial	14	8	640	582	*327 752	7.96	255 531	8.76	не вып. синтез	
*Z5xp*1	7	10	128	76	65 057	5.58	18 442	4.64	96 378	8.35

Таблица 10. Результаты эксперимента 9

Имя	*n*	*m*	K_f	*Эксперимент 9*					
				Дизъюнктивное разложение				*BDDI-минимизация*	
				α , *r*	$\left\|M_h^1\right\|/2^n$	*Area*	*Delay*	*Area*	*Delay*
*T0_B*12	7	2	53	15, 2	92/128	*3 778	2.15	3 839	1.81
*T0_B*2	15	2	24 304	15, 2	20 324/32 768	*47 770	*5.92	50 449	6.39
T0_Dist	8	4	460	15, 2	45/256	*44 640	5.82	44 964	*4.58
*T0_IN*0	14	3	8 602	15, 2	12 810/16 384	40 935	8.26	*28 508	4.95
T0_INTB	15	2	19 576	15, 2	16 384/32 768	230 560	10.74	*205 160	8.39
*T0_M*181	7	2	53	15, 2	92/128	*3 778	2.15	3 839	1.81

Таблица 11. Результаты эксперимента 10

Имя	*n*	*m*	K_f	*Эксперимент 10*					
				Конъюнктивное разложение				*BDDI-минимизация*	
				$\alpha^{\&}$, *r*	$\left\|M_g^1\right\|/2^n$	*Area*	*Delay*	*Area*	*Delay*
*T0_B*12	7	2	53	15, 2	36/128	4 213	*1.78	3 839	1.81
*T0_B*2	15	2	24 304	15, 2	12 444/32 768	65 838	9.59	50 449	6.39
T0_Dist	8	4	460	15 ,2	45/256	58 233	7.16	44 964	*4.58
*T0_IN*0	14	3	8 602	80, 2	2 836/16 384	30 394	*4.79	*28 508	4.95
T0_INTB	15	2	19 576	15, 2	16 384/32 768	224 506	16.11	*205 160	*8.39
*T0_M*181	7	2	53	15, 2	36/128	4 213	*1.78	3 839	1.81

Результаты экспериментов 1 – 8 на потоке 1 примеров показывают, что технологически независимая минимизация функциональных описаний (эксперименты 1 – 7) позволяет значительно сокращать площади и задержки логических схем по сравнению с использованием исходных не минимизированных описаний (эксперимент 8). В табл. 9 помечены случаи не выполнения синтеза («не вып. синтез») из-за того, что исходные описания имеют слишком большой объем *VHDL*-описаний - более 10 Мб. Применение алгебраических разложений совместно с минимизацией в классе ДНФ полученных блоков разложений (эксперименты 4, 5) позволяет улучшить результаты синтеза по сравнению с результатами синтеза без предварительной логической минимизации. При этом оказывается, сравнив результаты экспериментов 3 и 4, что в некоторых случаях встроенные в синтезатор средства оптимизации оказываются лучше, чем предварительная дополнительная минимизация логических сетей в классе ДНФ, выполняемая программой *Tie*. Наилучшей программой предварительной минимизации оказалась мощная и эффективная программа *BDD_Builder*, выполняющая *BDDI*-минимизацию исходной системы. Широко известная программа *Espresso* совместной минимизации систем функций в классе ДНФ позволила получить лучшие результаты синтеза в семи случаях из 16 по экспериментам на потоке 1 примеров (лучшие результаты по экспериментам 1 – 6 помечены символом *). Сравнив, значения K_f , $K_{\textit{ДНФ}}$ и k_{min} можно определить и уменьшение сложности функциональных *VHDL*-описаний систем ДНФ, по которым осуществляется синтез схем в экспериментах 6 и 8. В девяти случаях лучшие результаты показали программы выделения подсистем, которые имеют совместные алгебраические разложения.

Однако эти программы, использующие однократные совместные алгебраические разложения проигрывают *BDDI*-минимизации исходных систем функций. В табл. 6 и 7 указываются мощности $\left|M_h^1\right|$, $\left|M_g^1\right|$ характеристических множеств функций *h*, *g* в случаях,

когда из исходной системы была выделена одна подсистема для совместного разложения. Сравнение мощностей множеств K_f и M_h^1 (табл. 6), K_f и M_g^1 (табл. 7) в случаях, когда была выделена одна подсистема функций, показывает, что характеристическое множество общей функции алгебраического разложения значительно отличается от областей единичных значений функций, участвующих в алгебраических разложениях. Чтобы определить область эффективного применения программ алгебраических разложений, был сформирован набор 2 примеров из шести систем функций и проведены эксперименты 9 и 10 для сравнения программы *BDDI*-минимизации с комбинированным подходом к *DDDI*-минимизации, когда предварительно выполняется выделение подсистем с их алгебраическим разложением. В табл. 10, 11 символом * отмечены лучшие решения. Дизъюнктивные разложения оказались предпочтительнее в четырех случаях из шести для примеров систем функций, области единичных значений которых меньше отличаются друг от друга. В этих случаях выделение общей функции при дизъюнктивном разложении дает эффект при схемной реализации при сравнении с *BDDI*-минимизацией.

Заключение. Применение совместных алгебраических разложений в выделенных подсистемах функций, дает положительный эффект при синтезе, если области единичных значений функций в выделенных подсистемах незначительно отличаются друг от друга. Чтобы выяснить области предпочтительного применения совместных алгебраических разложений при *BDDI*-минимизации многоуровневых представлений систем функций, требуется при алгебраических разложениях следить за мощностями множеств единичных значений функций, а также изучить эффективность применения итеративных (многократных) разложений для систем функций, имеющих различную степень отличий в областях определения функций. Целесообразно также при формировании общих функций h и g учитывать не только мощности их характеристических множеств, но и компактность их представлений, например в виде ДНФ либо полиномов Жегалкина. Это позволит уменьшать сложность схем из библиотечных элементов заказных цифровых СБИС. Для повышения размерности обрабатываемых систем булевых функций при программной реализации предложенных алгоритмов совместного алгебраического разложения систем функций целесообразно применить технику покомпонентных булевых вычислений над «длинными» булевыми и троичными векторами, разработанную и эффективно используемую в [16] при решении различных оптимизационных логико-комбинаторных задач.

Список литературы

[1] Бибило, П.Н. Бинарные диаграммы решений в логическом проектировании. / П. Н. Бибило. М.: ЛЕНАНД, 2024. – 560 с.

[2] Синтез асинхронных автоматов на ЭВМ /Под ред. А. Д. Закревского. – Минск: Наука и техника, 1975.184 с.

[3] *Brayton R.K.*, *Rudell R.*, *Sangiovanni-Vincentelli A. L.*, *Wang A. R. MIS*: *A multiple-level logic optimization systems* // *IEEE Trans. on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*. 1987. *V. CAD*-6. № 6.*P.* 1062 – 1081.

[4] *Logic Minimization Algorithm for VLSI Synthesis* / *K. R. Brayton* [*et al.*]. – *Boston*: *Kluwer Academic Publishers*, 1984. – 193 *p.*

[5] Закревский, А. Д. Логические основы проектирования дискретных устройств / А. Д. Закревский, Ю. В. Поттосин, Л. Д. Черемисинова. – М.: Физматлит, 2007. – 592 с.

[6] Поттосин, Ю.В. Метод бидекомпозиции частичных булевых функций / Ю.В. Поттосин // Информатика. – 2019. – Т. 16, № 4. – С. 77–87.

[7] Поттосин, Ю. В. Эвристический метод алгебраической декомпозиции частичных булевых функций / Ю.В. Поттосин // Информатика. – 2020. – № 3. – С. 44-53.

[8] *Sasao*, *T. On bi-decomposition of logic functions* / *T. Sasao*, *J. T. Butler* // *International Workshop on Logic Synthesis*, *Lake Tahoe*, *California*, *May* 18–21, 1997. – *V.* 2. – *Session* 8-1. – *P.* 1 – 6.

[9] *Mishchenko*, *A*. *An algorithm for bi-decomposition of logic functions* / *A*. *Mishchenko*, *B*. *Steinbach*, *M*. *Perkowski* // *Proc*. *of the* 38*th Annual Design Automation Conf*. (*DAC*'2001), 18–22 *June* 2001, *Las Vegas*, *USA*. – *Las Vegas*, 2001. – *P*. 103 – 108.

[10] *Lee*, *R*.-*R*. *Bi-decomposing large Boolean functions via interpolation and satisfiability solving* / *R*.-*R*. *Lee*, *J*.-*H*. *R*. *Jiang*, *W*.-*L*. *Hung* // *Proc*. *of the* 45*th annual Design Automation Conf*., *Anaheim*, *California*, 2008. – 2008. – *P*. 636–641.

[11] Бибило, П. Н. Использование полиномов Жегалкина при минимизации многоуровневых представлений систем булевых функций на основе разложения Шеннона / П. Н. Бибило, Ю. Ю. Ланкевич // Программная инженерия. – 2017. – № 8. – С. 369–384.

[12] Бибило, П.Н. Система логической оптимизации функционально-структурных описаний цифровых устройств на основе продукционно-фреймовой модели представления знаний / П.Н. Бибило, В.И. Романов // Проблемы разработки перспективных микро- и наноэлектронных систем. 2020. – Выпуск 4. – С. 9–16.

[13] Леончик, П.В. Минимизация систем булевых функций в классе дизъюнктивных нормальных форм / П.В. Леончик // Информатика – 2006. – № 1. С. 88–96.

[14] Бибило П. Н. Системы проектирования интегральных схем на основе языка VHDL. *StateCAD*, *ModelSim*, *LeonardoSpectrum*. М.:СОЛОН-Пресс, 2005. – 384 с.

[15] Бибило, П. Н. Выделение из многоуровневого представления системы булевых функций подсистем для совместной логической минимизации / П. Н. Бибило, Н. А. Кириенко, В. И. Романов // Программные продукты и системы. – 2023. – Т. 36. – № 4. – С. 509–522;

[16] Закревский, А. Д. Вычисления в многомерном булевом пространстве / А. Д. Закревский. Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2011. – 106 *с*.

Авторский вклад

Бибило Петр Николаевич – постановка задачи исследования, проведение экспериментов в системе FLC-2, подготовка текста доклада.

Кардаш Сергей Николаевич – разработка программ совместных алгебраических разложений систем булевых функций, исследование эффективности программ.

Романов Владимир Ильич – разработка программы перебора совместных алгебраических разложений систем булевых функций, исследование эффективности программы, подготовка текста доклада.

EXTRACTING OF A BOOLEAN FUNCTION SUBSYSTEMS FOR JOINT DISJUNCTIVE-CONJUNCTIVE ALGEBRAIC DECOMPOSITIONS

P. N. Bibilo	***S. N. Kardash***	***V.I. Romanov***
Head of Laboratory of UIIP of NAS of Belarus,	*Senior Researcher of UIIP of NAS of Belarus,*	*Leading Researcher of UIIP of NAS of Belarus,*
Dr. of Technical Sciences, Professor	*PhD of Technical Sciences*	*PhD of Technical Sciences*

Abstract. The problem of logical optimization of representations of Boolean function systems is considered – the extracting of a subsystem from a given system of Boolean functions, the functions of which can be represented as a joint algebraic decomposition. Compatibility consists in the joint use of the same function to decompose (disjunctive, conjunctive) all the functions of a dedicated subsystem. The results of an experimental study of the software implementation of the proposed algorithm for the allocation of subsystems of Boolean functions are presented.

Keywords: Boolean function system, joint algebraic decomposition, Binary Decision Diagram (BDD), Shannon expansion, logic circuit synthesis, VHDL.

UDC 004.774

PROGRESSIVE WEB APPLICATIONS AS MEANS OF INCREASING WEB SERVICES FUNCTIONALITY

G.A. Piskun
Associate Professor, Department of Information Computer Systems Design, PhD of Technical sciences, Associate Professor
piskunbsuir@gmail.com

V.F. Alekseev
Associate Professor, Department of Information Computer Systems Design, PhD of Technical sciences, Associate Professor
alexvikt.minsk@gmail.com

T.M. Voronko
Software Engineer of the Center of Information Technologies of National Statistical Committee of the Republic of Belarus, master student of BSUIR
voronko232001@gmail.com

G.A. Piskun
Graduated from the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics. The area of scientific interests is related to modeling and optimal design of information and computer systems, organization of educational and research processes at a technical university.

V.F. Alekseev
Graduated from the Minsk Radio Engineering Institute. The area of scientific interests is related to the development of methods and algorithms for constructing information and computer systems, the organization of educational and research processes at a technical university.

T.M. Voronko
2nd year master's student in the specialty «Electronic Systems and Technologies» of the Department of Information and Computer Systems Design. Software engineer in the department of maintaining and development of information systems in the Center of Information Technologies of National Statistical Committee of the Republic of Belarus.

Abstract. An analysis of the relevance and advantages of progressive web applications in comparison with regular and native ones is carried out, the necessary requirements for creating a progressive web application are described, one of the ways to create such application is demonstrated using the example of a program that displays the current date and time according to the UTC standard without an Internet connection.

It has been established that progressive web applications can expand the functionality of related services, improving the user experience for their customers.

Keywords: progressive web application, service worker, web application manifest.

Introduction. Online services are becoming more and more essential in people's day-to-day lives. With ever-growing digitalization of all kinds of data surrounding us and constantly increasing accessibility and capabilities of Internet-connected devices, usage of web and native applications corresponding to these services is noticeably increasing, always demanding web developers to provide the best user experience possible.

One of the crucial factors making an application easy and pleasant for the client to use is it's accessibility. It means that the process of using the application should be responsible and fast, without being disorienting. It also demands that the app can be reached while having poor

Internet connection or even providing some of it's functionality while not being connected to the network at all. To say more, making an application distinct and easy to run through operating system's interface hugely increases it's accessibility [1].

Progressive web applications (PWA) can be helpful in achieving these goals.

Definition of PWA. A progressive web app is a type of application developed using web technologies such as JavaScript, CSS, and HTML. It closely resembles a regular web page in appearance and behavior. PWAs are easily discoverable in search engine page results and can be shared via links. What sets PWAs apart is their ability to provide functionalities similar to native mobile apps. They can operate offline, deliver push notifications, and leverage device hardware in a manner consistent with native apps [2].

PWAs merge accessibility and lightness of regular web applications together with functionality and built-in features of native applications resulting in increasing their capabilities and reachability. The graph corresponding to this statement is shown in figure 1 [3].

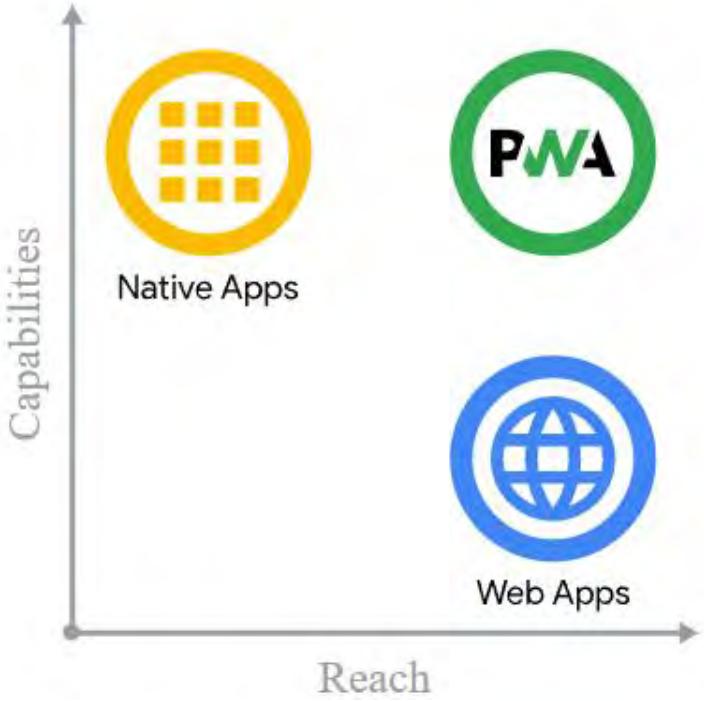


Figure 1. Comparison between types of applications by their capabilities and reachability

Progressive Web Apps are web applications that have been designed to be capable, reliable, and installable. These three pillars transform them into an experience that feels like a platform-specific application [3]:

1 ***Capability.*** Progressive Web Applications are designed to run on multiple operating systems and device classes from a single codebase, providing an identical user experience and being adaptive. It also combines functions of regular web and native applications, so all modern Web APIs, as well as a big variety of native APIs are available to use.

2 ***Reliability***. A reliable Progressive Web App feels fast and dependable regardless of the network conditions.

PWAs offer very fast loading speed and an ability to work under poor Internet connection or even offline with the help of service workers that store application's metadata and loaded resources on client's device via caching and overall lightness of such applications achieved by minification and compressing of files.

3 ***Installability***. Installed Progressive Web Apps run in a standalone window instead of a browser tab. They're launchable from on the user's home screen, dock, taskbar, or shelf. It's

possible to search for them on a device and jump between them with the app switcher, making them feel like part of the device they're installed on.

PWA requirements. In order to make an application a PWA the following criteria should be met [4]:

1 ***Web application manifest, with the correct members filled in***. It is the key element, which lists all the information about the website in a JSON format.

It usually resides in the root folder of a web app. It contains useful information, such as the app's title, paths to different-sized icons that can be used to represent the app on an OS (such as an icon on the home screen, an entry in the Start menu, or an icon on the desktop), and a background color to use in loading or splash screens. This information is needed for the browser to present the web app properly during the installation process, as well as within the device's app-launching interface, such as the home screen of a mobile device.

2 ***The website to be served from a secure (HTTPS) domain***. It makes PWA safer to use, because all transmitted data is encrypted. HTTPS prevents intruders from tampering with or passively listening in on the communications between the application and it's users.

PWA functionality is also available while developing an application if it's served over local development environment via localhost or 127.0.0.1 with or without a port number.

3 ***An icon to represent the app on the device***. It is recommended to provide multiple versions of an icon ranging in their sizes in order to make it appear correctly on any device.

4 ***A service worker registered, to allow the app to work offline***. It essentially acts as proxy server that sits between web applications, the browser, and the network (when available). It is required, among other things, to enable the creation of effective offline experiences, intercept network requests and take appropriate action based on whether the network is available, and update assets residing on the server. It also allows access to push notifications and background sync APIs.

The service worker is immediately downloaded when a user first accesses a service worker–controlled site or page. After that, it is updated when:

– a navigation to an in-scope page occurs;

– an event is fired on the service worker and it hasn't been downloaded in the last 24 hours.

Installation is attempted when the downloaded file is found to be new — either different to an existing service worker (byte-wise compared), or the first service worker encountered for this page or site.

If this is the first time a service worker has been made available, installation is attempted, then after a successful installation, it is activated. If there is an existing service worker available, the new version is installed in the background, but not yet activated — at this point it is called the worker in waiting. It is only activated when there are no longer any pages loaded that are still using the old service worker. As soon as there are no more pages to be loaded, the new service worker activates (becoming the active worker).

Creating React Application with the Progressive Web App Template. As an example, a simple React PWA that shows current date and time in Coordinated Universal Time (UTC)-format while not being connected to the Internet was created.

The first step is opening a command line interface from the directory that will contain PWA and running the following command (node.js should be installed on developer's machine) [4]:

```
npx create-react-app name-of-our-pwa-app --template cra-template-pwa
```

The resolving of this command resulted in building the application with the following structure as shown in figure 2 [5].

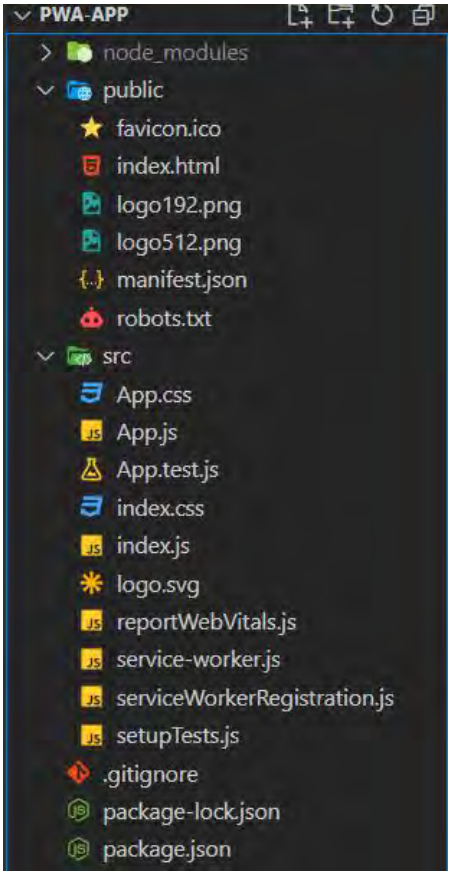


Figure 2. The initial structure of PWA built with React

This initial project already meets all the demands of making PWA installable, because service worker and web application manifest are built into React Progressive Web App Template by default.

The modified «manifest.json» file code is listed below [5].

```
{
  "short_name": "PWA example",
  "name": "PWA built for Big Data Conference",
  "icons": [
    {
      "src": "favicon.ico",
      "sizes": "64x64 32x32 24x24 16x16",
      "type": "image/x-icon"
    },
    {
      "src": "logo192.png",
      "type": "image/png",
      "sizes": "192x192"
    },
    {
      "src": "logo512.png",
      "type": "image/png",
      "sizes": "512x512"
    }
  ],
  "start_url": ".",
  "display": "standalone",
  "theme_color": "#000000",
  "background_color": "#ffffff"
```

```
}
```

The code for «icons» array was left intact only changing the source «.png» and «.ico» files to custom ones.

The modified «App.js» file code that outputs date and time data that is updated every second is listed below.

```
import React, { useState } from "react";
import "./App.css";

function App() {
  const [date, setDate] = useState(new Date());

  setInterval(() => setDate(new Date()), 1000);

  return (
    <div className="App">
      <header className="App-header">
        <div>{date.toUTCString()}</div>
      </header>
    </div>
  );
}
export default App;
```

Inside «index.js» file the method of «serviceWorkerRegistration» instance should be changed from «unregister» to «register» in order to allow offline functionality with the help of service worker, that caches assets and scripts into client's device local storage [6]. It is recommended to be done on the final stages of development, because in some cases recently added local changes are becoming available with some delay in the development environment because of cached assets.

The service worker is only enabled in the production environment, e.g. the output of «npm run build».

After deploying the production build and running it inside browser, the PWA installation icon can be seen in URL bar as shown in figure 3.

Figure 3. PWA installation icon

After clicking on it the following prompt to install the app is shown as figure 4 illustrates.

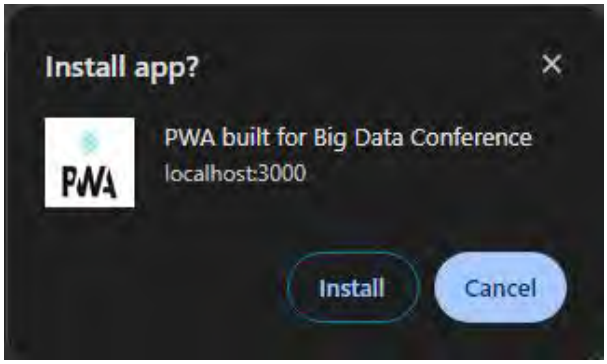


Figure 4. App installation prompt

Figure 5 shows installed PWA running as a standalone windows application with no Internet connection while still providing its functionality to show current date and time in UTC-format.

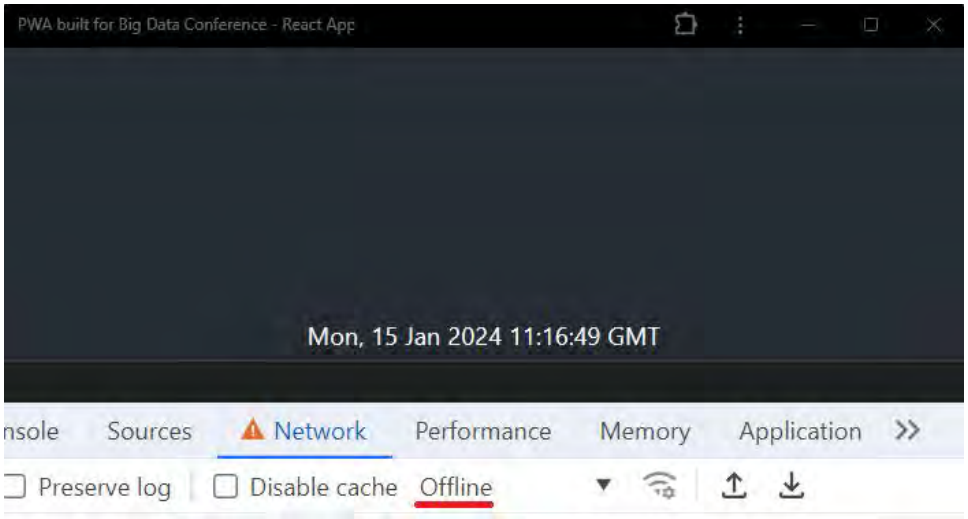


Figure 5. PWA working offline

Conclusion. At their heart, Progressive Web Apps are just web applications. Using progressive enhancement, new capabilities are enabled in modern browsers. Using service workers and a web app manifest, web application becomes reliable and installable. If the new capabilities aren't available, users still get the core experience. Companies that have launched Progressive Web Apps have seen impressive results. For example, Twitter saw a 65% increase in pages per session, 75% more Tweets, and a 20% decrease in bounce rate, all while reducing the size of their app by over 97%.

Progressive Web Apps provide developers with a unique opportunity to deliver more accessible and easy to reach web experience to their user base. Using the latest web features to bring enhanced capabilities and reliability, Progressive Web Apps can be installed by anyone, anywhere, on any device with a single codebase.

References

[1] Introduction to Progressive Web Apps [Electronic resource]. Mode of access: https://www.developer.com/web-services/intro-progressive-web-apps/. Date of access: 15.01.2024.

[2] Introduction to progressive web apps [Electronic resource]. Mode of access: https://www.divante.com/reports/pwabook/what-are-progressive-web-apps. Date of access: 15.01.2024.

[3] What are progressive web apps? [Electronic resource]. Mode of access: https://web.dev/articles/what-are-pwas. Date of access: 15.01.2024.

[4] How to make PWAs installable [Electronic resource]. Mode of access: https://developer.mozilla.org/enUS/docs/Web/Progressive_web_apps/Tutorials/js13kGames/Installable_PWAs. Date of access: 15.01.2024.

[5] How to Build a Progressive Web App (PWA) with React [Electronic resource]. Mode of access: https://www.loginradius.com/blog/engineering/guest-post/how-to-build-a-progressive-web-app-with-react/. Date of access: 15.01.2024.

[6] Using Service Workers [Electronic resource]. Mode of access: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/Service_Worker_API/Using_Service_Workers. Date of access: 15.01.2024.

author's contribution

Piskun Gennadiy Adamovich – determining the research problem, describing the working principle of Progressive Web Applications, analyzing results of research.

Alekseev Viktor Fedorovich – leading a study to assess the relevance and compatibility of Progressive Web Applications.

Voronko Timofei Maksimovich – describing key principles of Progressive Web Applications and it's requirements, developing the example project, forming the structure of the article.

ПРОГРЕССИВНЫЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ОНЛАЙН-СЕРВИСОВ

Г.А. Пискун
Доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР, кандидат технических наук, доцент

В.Ф. Алексеев
Доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем БГУИР, кандидат технических наук, доцент

Т.М. Воронко
Инженер-программист Центра информационных технологий Белстата, магистрант БГУИР

Аннотация. Выполнен анализ актуальности и преимуществ прогрессивных веб-приложений в сравнении с обычными и нативными приложениями, описаны необходимые требования для создания прогрессивного веб-приложения, продемонстрирован один из способов создания такого приложения на примере программы, отображающей текущую дату и время по стандарту всемирного координированного времени без подключения к сети Интернет.

Установлено, что прогрессивные веб-приложения способны расширить функционал связанных с ними сервисов, улучшая опыт использования для их клиентов.

Ключевые слова: прогрессивное веб-приложение, сервис-воркер, манифест веб-приложения.

Научное издание

BIG DATA И АНАЛИЗ ВЫСОКОГО УРОВНЯ

BIG DATA AND ADVANCED ANALYTICS

СБОРНИК НАУЧНЫХ СТАТЕЙ
X МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ
КОНФЕРЕНЦИИ

(Республика Беларусь, Минск, 13 марта 2024 года)

В двух частях
Часть 1

В авторской редакции
Ответственный за выпуск *Д. В. Лихачевский*
Компьютерная верстка *Е. М. Косарева, И. А. Евдокимова*

Подписано в печать 27.02.2024. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Гарнитура «Таймс».
Отпечатано на ризографе Усл. печ. л. 57,66. Уч.-изд. л. 49,1. Тираж 25 экз. Заказ 15.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий №1/238 от 24.03.2014,
№2/113 от 07.04.2014, №3/615 от 07.04.2014.
Ул. П. Бровки, 6, 220013, г. Минск

ISBN 978-985-543-751-3