

СОДЕРЖАНИЕ

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ, УПРАВЛЕНИЕ

Аветисян А. С.

ДЕТЕКТОРЫ ОДИНОЧНЫХ ФОТОНОВ НА БАЗЕ ОДНОФОТОННЫХ ЛАВИННЫХ
ФОТОДИОДОВ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРЕШЕНИЙ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ..... 4

Бочкарева А. А., Гришин М. М.

ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ ЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ
В РАЗРАБОТКЕ ПОВЕДЕНИЯ БОТОВ 8

Булатова А. Р.

КВАНТОВАЯ КРИПТОГРАФИЯ И КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ..... 11

Бычков Д. С., Никулин А. А., Генералова А. А.

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШУМОВ ВРАЩЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ
ПРОВОЛОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ 15

Генералова А. А., Никулин А. А.

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ КОНИЧЕСКОЙ
ПОВЕРХНОСТИ В ANSYS WORKBENCH..... 21

Годунова М. А., Мясникова М. Г., Зотов Н. П.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ
ПОДВОДНЫХ СИГНАЛОВ 25

Гришаев Д. А., Бурукина И. П., Фельдман Г. О.

ВЫЯВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ, СГЕНЕРИРОВАННЫХ НЕЙРОСЕТЯМИ 28

Бочкарева А. А., Гришин М. М., Дзюба Е. А.

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ И ИНКЛЮЗИВНЫЙ ТУРИЗМ:
ПУТЕШЕСТВИЯ ДЛЯ ВСЕХ 32

Дьячков Д. А., Левин А. А., Костюк Д. А.

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ СЕГМЕНТАЦИИ
ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЗАДНЕГО ФОНА НА КАРТОЧКАХ ТОВАРОВ
ДЛЯ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМ..... 36

Егорова Е. С., Капезин Д. С.

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ
ЗАДАЧ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ..... 40

Зинкин С. В., Тасимов В. Е., Керженев К. Ф.

О СПЕЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ, ПРОВОДИМЫХ НА СТАНЦИЯХ
СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ОЦЕНОК
РАЗЛИЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ ИЗЛУЧЕНИЯ АНТЕНН..... 42

Злыдарев Н. В., Тюлюмов А. Н.

ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ
ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ 46

Кабанова В. В., Логунова О. С., Наркевич М. Ю. ЭВОЛЮЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О ПОИСКЕ РАЗРУШЕНИЙ МЕЖПАНЕЛЬНЫХ ШВОВ ЗДАНИЯ.....	51
Карамышева Н. С., Юмаева Э. Я. ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ: ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВ СТАНДАРТОВ ФГОС В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ	56
Кашко В. В., Олейникова С. А. ВЛИЯНИЕ DROPOUT РЕГУЛЯРИЗАЦИИ ГЛУБОКОЙ СЕТИ НА СХОДИМОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ АЛГОРИТМА ГРАДИЕНТА СТРАТЕГИИ ADVANTAGE ASTOR CRITIC (A2C)	62
Копылов Е. А., Дзюба Е. А. ЛИЧНЫЕ НЕЙРОКОНСУЛЬТАНТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ.....	66
Карамышева Н. С., Кочергин В. П. СЕТЕВОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ, СБОРА ДАННЫХ И РЕЗУЛЬТАТОВ.....	73
Левин А. А., Кудашов А. С., Дьячков Д. А. ПРИМЕНЕНИЕ ANSIBLE ДЛЯ КОНФИГУРИРОВАНИЯ И ЗАПУСКА DOCKER КОНТЕЙНЕРОВ НА УДАЛЕННЫХ УЗЛАХ.....	79
Митрохин А. С. ПОДГОТОВКА К ИМИТАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ РАССЫЛКИ УВЕДОМЛЕНИЙ О СОБЫТИЯХ ОХРАННО-ПОЖАРНОЙ СИСТЕМЫ	83
Наумов Д. А., Козлов А. Ю., Зотов Н. П. РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ НЕЧЕТКОЙ СИТУАЦИОННОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА В МАТЛАВ R2021b.....	87
Нефедова Е. Д., Митрохин М. А. РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА НА ПРИМЕРЕ НАПИСАНИЯ ЖУРНАЛА СОБЫТИЙ (UEFI BIOS)	94
Олейникова С. А., Дятчина А. В. МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СТОХАСТИЧЕСКОГО ПРОЕКТА	98
Парвадов А. А., Валько А. Ф. РАЗРАБОТКА НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ	102
Полежаев М. Н., Финогеев А. Г. ВНЕДРЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СФЕРУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ	104
Постников Н. А., Иванов А. П. ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЭНТРОПИИ ВЫХОДНЫХ СОСТОЯНИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ «БИОМЕТРИЯ – КОД» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ.....	107

Ремезова А. П., Яковлев Е. И. ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ РЕШЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ.....	111
Савосин В. А., Кирмасов И. Д., Карамышева Н. С., Зинкин С. А. CHARGER WEBVIEWER: ИННОВАЦИОННОЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ГРАФАМИ	114
Симакин К. С., Акчурун А. Р., Михалев А. Г. СРАВНЕНИЕ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ C++ И PYTHON ДЛЯ РАБОТЫ С МАШИНЫМ ОБУЧЕНИЕМ	118
Солеев А. С., Погодин О. А., Ерзюков А. Д., Мартынов Д. С. СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ.....	121
Староверов И. М., Князев В. Н. КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВИАПЕРЕЛЕТОВ.....	125
Суворов М. Д., Попова Н. А. РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ИГРОВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ.....	129
Тюлюмов А. Н., Злыдарев Н. В. ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ НА ИЗОБРАЖЕНИИ	133
Фельдман Г. О., Бурукина И. П., Гришаев Д. А. ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЦЕЛЯХ.....	137
Экимов Д. В., Такташкин Д. В. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ЦИФРОВЫХ КАРТАХ	140
Дмитриев С. В., Гаффарова Д. Р. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДАТЧИКО-ПРЕОБРАЗУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ	145
Дмитриев С. В., Гаффарова Д. Р. ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПРОФИЛОМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОРПУСА ДАТЧИКА АБСОЛЮТНОГО ДАВЛЕНИЯ	152
Липатов К. М., Шепелева Ю. В. КАЧЕСТВЕННОЕ СРАВНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ЯЗЫКОВОГО ПЕРЕВОДА.....	159
Ефимов Н. А. АНАЛИЗ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ И ВЫЯВЛЕНИЯ ГОЛОСОВОГО СТРЕССА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СОЗДАНИИ ДЕТЕКТОРА ЛЖИ.....	165

ТЕХНИКА, ТЕХНОЛОГИЯ, УПРАВЛЕНИЕ

УДК 535.14

ДЕТЕКТОРЫ ОДИНОЧНЫХ ФОТОНОВ НА БАЗЕ ОДНОФОТОННЫХ ЛАВИННЫХ ФОТОДИОДОВ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РАЗРЕШЕНИЙ И РЕЖИМОВ РАБОТЫ

А. С. Аветисян

Иркутский национальный исследовательский
технический университет, Иркутск, Россия

avetisyan_geven@mail.ru

Аннотация. Однофотонные детекторы – это высокочувствительные устройства для обнаружения света благодаря значительным достижениям в области квантовой связи, которые привели к созданию недорогих и компактных DOF. Однофотонный лавинный фотодиод (OLFD), в котором используются полупроводниковые материалы, имеет решающее значение для обнаружения однофотонного излучения. Управляющая электроника для OLFD была жизненно важна с самого начала разработки полупроводниковых устройств и продолжает играть важную роль сегодня. Освещаются последние достижения в области электроники управления полупроводниковыми приборами, работающими на телекоммуникационных длинах волн и включающими различные режимы, такие как низкочастотное и высокочастотное стробирование, а также режим ожидания. Кроме того, представлены результаты исследований различных научных групп в области квантового распределения ключей, иллюстрирующие глобальные технологические тенденции в отрасли. Область применения – от передачи данных на большие расстояния по суше до спутниковой связи.

Ключевые слова: фотон, свет, электроника, детектор, фотодиод, квантовая криптография, квантовая информатика, квантовая механика, квантовое распределение ключа, одиночные фотоны, лавинные сигналы

Для цитирования: Аветисян А. С. Детекторы одиночных фотонов на базе однофотонных лавинных фотодиодов схемотехнических разрешений и режимов работы // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 4–7.

Фотон – это фундаментальная световая единица, которую сложно обнаружить из-за ее низкой энергии. Достижения в области фотонных детекторов расширили возможности таких областей, как квантовое распределение ключей, визуализация и астрономия. Квантовая криптография направлена на безопасную передачу данных с использованием квантовой механики, в отличие от классической криптографии, которая полагается на математическую сложность. Протокол BB84, разработанный Беннеттом и Брассардом в 1984 г., использует поляризованные фотоны для создания защищенного ключа, позже усовершенствованного как BB92. Обсуждаются современные детекторы, такие как

однофотонные лавинные фотодиоды (OLFD) и сверхпроводящие нанопроволоки (SNSPD), с акцентом на закрытом и ждущем режимах OLFD.

В закрытом режиме сигнал регистрирует одиночные фотоны, временно активируя режим Гейгера, в то время как в режиме ожидания поддерживается постоянное напряжение выше пробоя для непрерывной работы Гейгера. Закрытый режим уменьшает количество темных точек, но требует сложного управления. Описывается работа OLFD и его эффективность в квантовых коммуникациях, отмечается, что OLFD ведет себя подобно конденсатору в цепях. Эффективное извлечение лавинного сигнала требует подавления ответных сигналов, при этом ключевым фактором является эффективная ширина затвора. Важно поддерживать интервал в 1 нс; при превышении этого интервала значительное количество импульсов и темновых импульсов может привести к ограничению частоты. Стробирование без простоев обеспечивает работу на частотах в десятки мегагерц, в то время как метод совпадений использует низкочастотное стробирование для выделения лавинных сигналов [1] (рис. 1). Амплитуды сигналов на этом и последующих рисунках не масштабируются.

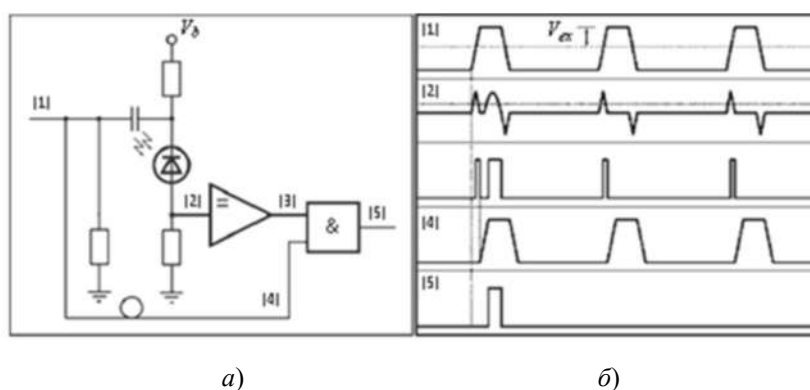


Рис. 1. Принципиальная схема (а) и временные диаграммы (б) (иллюстрируют метод совпадений; V_b представляет напряжение смещения, а V_{ex} указывает на избыточное смещение)

Реализация метода согласования с использованием аналоговых и цифровых схем проста, но имеет свои недостатки. Повышение порога компаратора может предотвратить ложные срабатывания из-за электронных помех, но также может привести к пропуску небольших лавинных сигналов вблизи конца затвора или сигналов с меньшим временем нарастания. Для улучшения отношения амплитуды лавинных сигналов к фоновому шуму полезно снизить порог компаратора при одновременном подавлении сигналов емкостного срабатывания.

Подавление в общем режиме используется для уменьшения сигналов емкостного срабатывания диода. В 2000 г. Бетьюн и др. предложен способ временного подавления, использующий радиочастотные линии задержки. На рис. 2 показаны схема с радиочастотной линией задержки и ее временная диаграмма. Электронные импульсы подаются на катод OLFD через направленный ответвитель и на открытый конец кабеля длиной L . Прямое отражение на конце этого кабеля генерирует дополнительный стробирующий импульс с задержкой $2L/v$, где v – скорость распространения электромагнитных волн в кабеле [2].

Анод одного светодиода (OLFD) подключается к кабелю, закороченному на одном конце, что приводит к отражению импульса. Быстрый сигнал на аноде представляет собой суперпозицию реакции OLFD на начальный импульс и его прямых и запаздывающих отражений, что приводит к подавлению сигнала и четкому обнаружению лавинного сигнала (см. рис. 2,б [3]). После прохождения через управляющий затвор (см. рис. 2,б [4]) и усилитель лавинные сигналы (см. рис. 2,б [5]) могут быть легко извлечены.

Эффективное подавление снижает порог распознавания, позволяя использовать более узкий затвор, в то время как более короткие стробирующие импульсы минимизируют постимпульсный шум. Однако максимальная частота стробирования ограничена задержками отражения от кабеля.

В 2002 г. была разработана двухканальная система обнаружения, использующая два OLFD, как показано на схеме управления светодиодом (рис. 3,а).

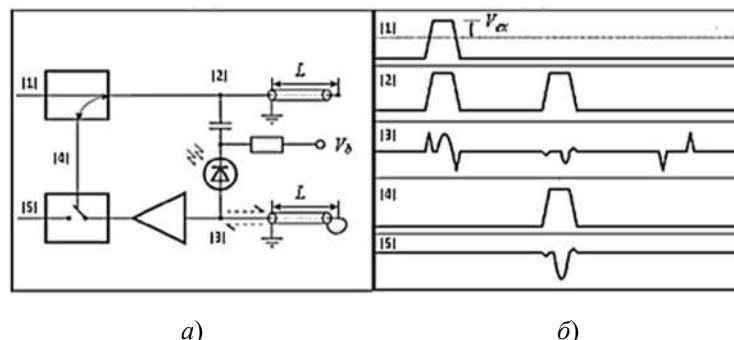


Рис. 2. Схема (а) и временные диаграммы (б) метода подавления с помощью радиочастотной линии задержки для низкочастотного стробирования:
 V_b – напряжение смещения, V_{ex} – избыточное смещение, L – длина кабеля

Оба OLFD имеют схожие параметры. Строблирующие импульсы подаются параллельно катодам, а аноды подключены к направленному гибридному ответвителю (ГО). Формы сигналов отклика OLFD (рис. 3,б [2] и [3]) практически идентичны. После ГО отклики являются взаимоисключающими, различая лавинные процессы с помощью двух компараторов с отрицательным (см. рис. 3,б [5]) и положительным (см. рис. 3,б [6]) порогами обнаружения.

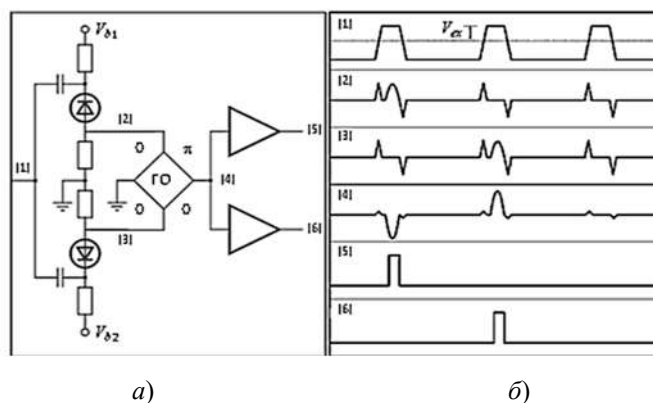


Рис. 3. Схема (а) и временные диаграммы (б) метода подавления на основе спаренных OLFD для низкочастотного стробирования:
 V_{b1} , V_{b2} – напряжения смещения, V_{ex} – избыточное смещение,
 ГО – направленный ответвитель с поворотом фазы на π

Использование схемы с двумя оптическими лавинными фотодиодами (OLFD) имеет недостаток, такой как подавление лавинных сигналов. Когда оба OLFD срабатывают одновременно, они не могут зарегистрировать один и тот же лавинный процесс из-за их геометрического расположения. С этой проблемой можно справиться в случае устройства ввода одиночных фотонов с двумя входами, но существуют и другие решения. Замена старого диода на обычный диод с аналогичной емкостной характеристикой может устранить взаимное исключение и снизить затраты. Гибридный соединитель (ГО), как показано на рис. 3, имеет решающее значение для подавления сигналов емкостного отклика. Более простые устройства, такие как дроссели, радиочастотные преобразователи и дифференциальные усилители, также эффективны для подавления сигналов в низкочастотных приложениях. Дальнейшее развитие OLFDs потребовало увеличения частоты стробирования, что значительно ускорило передачу информации в системах квантовой криптографии, хотя этот сдвиг потребовал разработки новых схем для решения связанных с этим проблем [3].

Материалы InGaAs/InP и структуры OLFD широко используются в волоконно-оптической квантовой связи. Разработка малошумящих однофотонных детекторов имела решающее значение для систем квантового распределения ключей (QKD), начиная с конца 1990-х гг., когда появились OLFDs InGaAs/InP. В 1999 г. в ходе первоначальных экспериментов была достигнута передача информации на расстояние более 40 км, а последующие усовершенствования позволили QKD использовать фазовое кодирование на расстоянии до 48 км. К 2002 г. протяженность линий электропередач достигла 67 км, а в ходе дальнейших работ расстояние было увеличено до 100 км в 2004 г. и в конечном итоге составило 122 км. Несмотря на уязвимости, такие как атаки с расщеплением фотонов, методы определения состояния, предложенные в 2007 г., повысили эффективность обнаружения при минимизации рисков. Технология высокочастотного стробирования позволила передавать ключи со скоростью 330 кбит/с на расстояние 15 км, а затем была улучшена до 24 кбит/с на расстояние 100 км. В 2014 г. квантовые ключи были переданы по классическим каналам, достигнув скорости 2,38 Мбит/с, на расстояние 35 км. Продолжался прогресс в создании однофотонных детекторов на расстояния более 100 км, что привело к успешной передаче данных на расстояние более 300 км в 2015 г. и 404 км в 2016 г. К 2017 г. разработки включали QKD с использованием спутниковой связи на расстоянии более 1200 км и телепортацию кубитов на расстояние до 1400 км, а в 2018 г. был достигнут дальнейший прогресс.

Однофотонные лавинные фотодиоды (SPAD) на основе полупроводниковых гетероструктур AIBV эффективны для обнаружения слабых сигналов в ближней инфракрасной области спектра. За последние десятилетия были достигнуты значительные улучшения в их свойствах. Усовершенствования включают в себя внедрение SPAD со встроенной системой отрицательной обратной связи (OLFD) и оптическими ограничителями (OOS), что повышает производительность и упрощает электронику гашения. Разработка фотодиодов с интегрированными пассивными и активными системами лавинного пожаротушения снижает паразитные параметры при подключении к управляющей электронике, что способствует улучшению массогабаритных характеристик детекторов. Усовершенствования в схемотехнике детекторов с закрытым и ожидающим режимом работы позволили использовать частоты стробирования более 2 ГГц, что является преимуществом технологий квантового распределения ключей. Уменьшение размера активной области OLFD помогает снизить количество затемнений и вероятность появления послеимпульсных импульсов. Кроме того, растет интерес к сверхпроводящим однофотонным детекторам, использующим различные нанопроволочные материалы, что позволяет достичь эффективности детектирования около 92 % при темновых значениях частоты 130 Гц. Постоянное изучение новых материалов и технологий способствует разработке высокоэффективных систем для обнаружения слабых оптических сигналов.

Список литературы

1. Курочкин В. Л., Зверев А. В., Курочкин Ю. В. [и др.]. Распределение квантового ключа на дальние дистанции по оптоволокну со сверхпроводящими детекторами // Автометрия. 2015. Т. 51, № 6. С. 17–22.
2. Мосенцов С. Н., Лосев А. В., Заводиленко В. В. [и др.]. Сравнение отечественных детекторов одиночных фотонов от ORate с аналогами от ID Quantique // Фотоника. 2023. Т. 17, № 2. С. 134–145. doi: 10.22184/1993-7296.FRos.2023.17.2.134.145
3. Гуядичи А., Симмерес Д., Веронезе Д. [и др.]. Компактные модули на основе SPAD-детекторов для регистрации одиночных фотонов в ближней инфракрасной области спектра // Фотоника. 2012. № 6 (36). С. 32–41.

Информация об авторе

Аветисян Артур Сергеевич, магистрант, Иркутский национальный исследовательский технический университет.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004:896

ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ ЛОГИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ В РАЗРАБОТКЕ ПОВЕДЕНИЯ БОТОВ

А. А. Бочкарева¹, М. М. Гришин²

^{1,2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ lensomni@outlook.com

² maksgrishinnomer160@gmail.com

Аннотация. Анализируются текущие методы реализации искусственного интеллекта для неигровых персонажей, включая конечные автоматы и деревья поведения, а также обсуждаются перспективы использования логического программирования. Логический язык Prolog, применяемый для создания экспертных систем, представлен как потенциальная альтернатива для моделирования поведения ботов. Основное внимание уделено преимуществам и недостаткам логического программирования в игровом искусственном интеллекте, анализируется его влияние на сложность реализации и потребность в специализированных инструментах.

Ключевые слова: искусственный интеллект, логическое программирование, Prolog, игровые боты, принятие решений

Для цитирования: Бочкарева А. А., Гришин М. М. Потенциал применения логического программирования в разработке поведения ботов // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 8–10.

С развитием игровой индустрии игроки стали требовательнее к качеству выходящих продуктов, начиная от их технического состояния и оптимизации и заканчивая степенью погружения в игровой процесс. В однопользовательских играх последнего возможно добиться проработанным окружением, качественным звуковым сопровождением и хорошим сюжетом. Однако в многопользовательских играх, где, помимо игроков, существуют неигровые персонажи, наделенные искусственным интеллектом, заметная часть восприятия окружающего мира зависит от их поведения. Таких персонажей называют ботами. Боты часто имеют очень базовый алгоритм принятия решений, что приводит к тому, что их поведение имеет низкий уровень правдоподобности и, следовательно, разрушает игровую атмосферу. Это проявляется в слишком простом или повторяющемся поведении и непоследовательных действиях [1].

Парадоксально, что в то время как логическое программирование успешно применяется в многих сферах искусственного интеллекта (ИИ), его реализация практически отсутствует в современных алгоритмах принятия решений. В большинстве игр процесс принятия решений неигровыми персонажами обычно строится с помощью разновидностей конечных автоматов и деревьев поведения. По своей структуре обе модели включают в себя все возможные состояния, в которых может находиться объект.

Согласно модели конечного автомата, бот в любой момент времени находится в одном из возможных состояний, и он может переходить из одного состояния в другое. Недостаток этого метода заключается в том, что с увеличением количества механик система конечных автоматов значительно усложняется. Это увеличивает риск появления ошибок и может снизить скорость выполнения операций.

Алгоритм дерева поведений начинает работу с «корневого узла», и в дереве есть узлы, обозначающие решения или действия. Вместо узлов решений с двумя альтернативами в случае дерева решений здесь есть узлы-декораторы с единственным дочерним узлом, который выполняется только при успешном условии декоратора. Как и в случае конечных автоматов, с увеличением системы и добавлением состояний становится труднее выбирать оптимальные комбинации узлов и декораторов. Несмотря на свою эффективность деревья поведения требуют хорошего понимания при работе с ними из-за множества возможных реализаций, что создает высокий порог вхождения и отпугивает начинающих разработчиков [2].

Пролог, являясь языком логического программирования, основан на правилах. Основным недостатком систем, основанных на правилах, является проблема приобретения знаний, в процессе которого определяются правила, необходимые для данной системы. Это делает их более сложными в использовании по сравнению с деревьями поведения или конечными автоматами, которые можно напрямую создать в популярных игровых движках. Именно поэтому они не очень распространены.

Основными преимуществами использования логического программирования являются использование обратной цепочки и вывод знаний с помощью механизма вывода. Механизм вывода, подобный Prolog, способен выводить новые факты из фактов, уже имеющихся в базе знаний. Он работает, комбинируя имеющиеся данные и правила вывода, чтобы извлечь больше данных, пока не будет достигнута заданная цель.

Обратная цепочка, которая является одним из методов вывода, направлена на то, чтобы с помощью алгоритма глубокого поиска (бэктрекинга) найти условия, необходимые для выполнения условий заданной цели. Если дать алгоритму вывода цель, которую должен выполнить бот, он сможет выдать набор подцелей для достижения этой цели и, таким образом, создать интеллектуальную последовательность действий. Это очень мощный инструмент, но также он непредсказуем, так как может спровоцировать появление потенциальных последовательностей, не предусмотренных разработчиками. Тестирование поведения такой системы потребует намного больше человеко-часов, чем полностью отслеживаемый алгоритм.

На самом деле, в большей степени недовольство игроков ботами в играх связано с тем, что многие воспринимают поведение ботов как полноценный искусственный интеллект, в то время как это автоматизированный интеллект, который выполняет лишь те задачи, которым он был обучен. Чаще всего это реализуется для того, чтобы разработчики могли лучше контролировать ход игры и, таким образом, избежать более непоследовательного поведения или ошибок за счет свободы действий игрока. Даже однообразное стереотипное поведение может быть реализовано специально. Кроме того, важно, чтобы ИИ не был слишком сильным по сравнению с игроками, особенно новичками, поскольку цель бота – не быть как можно сильнее и лучше, а быть как можно более интересным для игрока [3].

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать вывод, что несмотря на потенциал логического программирования его широкое применение в разработке игрового ИИ сдерживается отсутствием готовых инструментов и фреймворков для работы с подобными сложными неуправляемыми алгоритмами. Создание сложных систем, основанных на правилах, требует значительных временных и трудовых затрат, что делает их менее привлекательными для разработчиков игр, ориентированных на контролируемые и стабильные результаты.

Список литературы

1. Sylvain L. Reasoning with Ontologies for Non-player Character's Decision-Making in Games // AAAI Conference on Artificial Intelligence and Interactive Digital Entertainment. 2022. Vol. 18. P. 303–306. doi: 10.1609/aiide.v18i1.21980
2. Ben S. The Total Beginner's Guide to Game AI : веб-портал по разработке игр. URL: <https://www.gamedev.net/articles/programming/artificial-intelligence/the-total-beginners-guide-to-game-ai-r4942/> (дата обращения: 24.10.2024).

3. Jaskiewicz G. Logic Programming as Scripting Language for Bots in Computer Games – Research Overview // Computer Science. 2014. May. doi: arXiv: 1405.3795

Информация об авторах

Бочкарева Алёна Александровна, студентка, Пензенский государственный университет.

Гришин Максим Михайлович, студент, Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.27

КВАНТОВАЯ КРИПТОГРАФИЯ И КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ

А. Р. Булатова

Поволжский государственный университет
телекоммуникаций и информатики, Самара, Россия

alinabulatova2002@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются возможности обеспечения безопасности данных посредством применения квантовой криптографии и квантовых вычислений, влияние квантовых вычислений на квантовую криптографию. Изучаются проблемы в обеспечении конфиденциальности и безопасности передаваемой информации путем внедрения в систему квантовых вычислений и криптографии.

Ключевые слова: квантовая криптография, квантовые вычисления, кубиты, безопасность данных, конфиденциальность, кибербезопасность

Для цитирования: Булатова А. Р. Квантовая криптография и квантовые вычисления // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 11–14.

Введение

По мере развития современных технологий и в связи со все большими объемами информации растет угроза злоумышленных действий, или так называемых кибератак, исходящих от хакеров с помощью мощных квантовых компьютеров, которые, в свою очередь, способны расшифровывать сложнейшие криптографические алгоритмы. Критически важным становится выбор надежного способа защиты информации.

Изучение возможностей квантовой криптографии в обеспечении безопасности данных

Квантовая криптография – область криптографии, которая использует законы квантовой механики для обеспечения защиты информации и безопасного телекоммуникационного соединения. Концепция основана на принципе квантовой запутанности. В его основе лежит идея о взаимосвязанности частиц на таком уровне, что изменение состояния одной частицы влияет на другую, даже если они находятся на расстоянии. Это позволяет исследовать новые способы работы с информацией и находить возможности для разработки новых технологий.

Квантовая криптография также известна по определению как квантовое шифрование, основана на квантовом распределении ключей, что позволяет обеспечить безопасную передачу зашифрованной информации. Данный метод основан на уникальных свойствах субатомных частиц. При любой попытке перехвата ключа злоумышленником квантовая система будет нарушена и стороны узнают об этом [1]. Фотоны передаются по оптоволоконным кабелям между сторонами, и каждый фотон имеет случайное квантовое состояние. Когда фотон достигает места назначения, он проходит через светоделитель и случайным образом выбирает тот или иной путь в коллектор фотонов. Поскольку принимающая сторона не знает правильной поляризации, она измеряет поляризацию

фотонов и делится этой информацией с отправителем по другому каналу. Фотоны, считанные с неправильным уровнем, игнорируются, а оставшаяся последовательность используется в качестве ключа.

Основным преимуществом квантовой криптографии является способность защитить данные от несанкционированного доступа. Это означает, что передача данных с использованием квантовой криптографии полностью безопасна и не может быть взломана или перехвачена. Также преимуществом является то, что для повышения безопасности данных квантовую криптографию можно сочетать с традиционными методами криптографии. Комбинируя два метода, можно создать более безопасную и устойчивую к кибератакам систему.

Анализ влияния квантовых вычислений на квантовую криптографию

Квантовые вычисления – это быстро развивающаяся технология, которая обещает повысить уровень безопасности обработки и хранения данных. Принцип работы классических вычислений заключается в том, что операции выполняются в виде бита. Эти биты могут иметь значение либо 0, либо 1 в определенный момент времени. Квантовые вычисления используют идею суперпозиции квантовой механики. Суперпозиция – это положение элемента системы в двух состояниях одновременно. Это означает, что квантовые биты, или кубиты, могут находиться в состоянии как 1, так и 0 одновременно [2]. Выполнение вычисления над набором из двух классических битов требует четырех вычислений, так как биты могут быть установлены в 00, 11, 01 или 10. Благодаря квантовым вычислениям, поскольку кубиты могут находиться во всех четырех состояниях одновременно, квантовый компьютер может выполнять вычисления во всех четырех состояниях одновременно.

Квантовые компьютеры выполняют вычисления на двух кубитах одновременно, что вызывает множество проблем для современных систем шифрования. Некоторые алгоритмы шифрования, например криптографический алгоритм с открытым ключом (RSA), который используется в большинстве способов шифрования транзакций электронной коммерции, основывают свою безопасность на том факте, что закрытый ключ генерируется путем разложения на множители числа, являющегося произведением двух больших простых чисел. Это чрезвычайно сложно сделать с классическими компьютерами, и для взлома при достаточно большой длине ключа может потребоваться до тысячи лет. Однако в квантовых компьютерах использование кубитов значительно сокращает время взлома алгоритма, подобного RSA. Длину ключа можно увеличить для большей безопасности, но это означает, что 256-битный ключ теперь не уступает по прочности 128-битному ключу в условиях квантовых вычислений.

Возможности квантовых вычислений и квантовой криптографии для кибербезопасности

Квантовый компьютер способен обрабатывать информацию экспоненциально быстрее, чем классический, потому что квантовые вычисления обладают потенциалом для высвобождения огромных вычислительных мощностей, которые могут быть использованы для решения сложных проблем. Любая попытка перехватить отправленные данные изменит их состояние, сделав их невозможными для чтения. Кроме того, квантовая криптография может быть использована для создания защищенных каналов связи, позволяющих организациям безопасно обмениваться данными без риска перехвата. Используя квантовую криптографию, организации могли бы гарантировать, что их данные и коммуникации остаются безопасными даже для самых мощных квантовых компьютеров.

Исследование роли квантовой криптографии в повышении безопасности коммуникаций

Современные технологии позволяют безопасно общаться по всему миру за считанные секунды, однако в эпоху повышенных угроз кибербезопасности важно обеспечить безопасную коммуникацию.

Квантовая криптография может обеспечить создание безопасного ключа шифрования, опираясь на принципы квантовой механики. Ключ генерируется в режиме реального времени путем передачи фотонов, которые, в свою очередь, кодируются с определенной частотой. Именно данный метод, в отличие от традиционных методов шифрования, обеспечивает более высокий уровень безопасности. Попытки перехвата ключа мгновенно будут обнаружены, обеспечивая дополнительные уровни безопасности для коммуникаций. Кроме того, использование квантовой криптографии возможно для проверки подлинности сообщений, отправляемых по сети. Поэтому любые изменения, внесенные в сообщение, будут обнаружены отправителем и получателем.

Благодаря вычислительным возможностям, предлагаемым квантовыми вычислениями, могут быть созданы новые, более мощные алгоритмы шифрования. На данный момент уже существуют различные алгоритмы для решения задач, которые очень трудно или невозможно решить с помощью классических вычислений, к примеру задачи дискретного логарифмирования для решения линейной системы уравнения или разложение на множители больших чисел. Данные идеи, содержащиеся в себе основы квантовых вычислений, включают в себя алгоритмы Гровера, Шора, Хэрроу – Хасидима – Ллойда (HHL), а также алгоритм квантовой приближенности оптимизации (QAOA) [3].

Хотя квантовая криптография все еще находится на стадиях развития, ее потенциал обеспечивать безопасность коммуникаций на более высоком уровне очевиден. С использованием квантовой криптографии коммуникации могут быть защищены от злоумышленников и тех, кто стремится получить несанкционированный доступ к конфиденциальным данным. Исследования в данной области будут продолжаться, так как спрос на безопасную связь и коммуникации продолжает расти и будет только увеличиваться, а квантовая криптография станет неотъемлемой частью в обеспечении безопасной связи.

Изучение проблем и возможностей квантовых вычислений и криптографии для обеспечения конфиденциальности и безопасности данных

Существует множество причин, по которым квантовые вычисления могут вызвать проблемы в сфере кибербезопасности. Самая значительная из них заключается в том, что классические методы криптографии могут быть взломаны за считанные часы. Увеличение размера ключей может замедлить работу квантовой криптографии, но это не остановит взлом алгоритма. Еще одна проблема с квантовыми вычислениями заключается в том, что субъекты угроз в итоге смогут использовать квантовые компьютеры для запуска вредоносных атак.

Сегодня злоумышленники используют машинное обучение и искусственный интеллект для различных кибератак, но с квантовыми вычислениями находить уязвимости в программном обеспечении и ИТ-инфраструктурах будет намного проще. Многие субъекты угроз занимаются поиском конфиденциальных данных и сохранением защищенной информации до тех пор, пока квантовые вычисления не станут готовым инструментом для применения. Как только это произойдет, конфиденциальная информация может быть зашифрована и использована по усмотрению хакера.

Квантовый компьютер способен выполнять вычисления с гораздо более высокой скоростью и эффективностью, чем традиционный компьютер, что может обеспечить более быстрые и безопасные протоколы шифрования. Это может быть особенно полезно для организаций, которым необходимо быстро и безопасно обрабатывать большие объемы данных. В то же время квантовые вычисления также представляют значительные проблемы. К ним относится потенциальная возможность использования злоумышленниками квантовых алгоритмов для взлома существующих протоколов шифрования, что делает уязвимыми конфиденциальные данные. Для защиты информации организациям необходимо разработать такие протоколы шифрования, которые будут устойчивы к квантовым вычислениям.

Область квантовых вычислений с каждым днем все более глубоко исследуется, поэтому многие алгоритмы шифрования, используемые организациями для защиты данных, могут быть взломаны квантовыми компьютерами за небольшой промежуток времени. Опасность для симметричных

и асимметричных методов шифрования в криптографии также представляют квантовые атаки, поскольку квантовые компьютеры способны выполнять вычисления, нарушающие криптографическую стойкость алгоритма. Тем не менее, многие специалисты данной области изучают варианты методов шифрования, которые могут защитить инфраструктуру центра обработки данных от квантовых атак.

Криптография приобретает все большее значение для обеспечения конфиденциальности и безопасности информации, предполагая использование алгоритмов для шифрования данных таким образом, чтобы к ним могли получить доступ только авторизованные пользователи. Это может помочь защитить конфиденциальные данные от несанкционированного доступа отдельных лиц или организаций. Однако криптография также содержит свой собственный набор проблем. Наиболее заметной из них является риск того, что квантовые вычисления нарушат существующие протоколы шифрования.

Заключение

Необходимо отметить, что внедрение в систему квантовых вычислений и криптографии открывает ряд возможностей для обеспечения безопасности и конфиденциальности информации. Существуют потенциальные риски, связанные с данными технологиями, поэтому следует разрабатывать протоколы, устойчивые к квантовым вычислениям. В то же время существуют возможности для разработки более быстрых, безопасных и эффективных протоколов шифрования, предоставляемые квантовой криптографией и вычислениями. В ближайшем будущем субъекты угроз могут использовать квантовые компьютеры для запуска новых вредоносных атак. Понимание того, как работают квантовые вычисления, является первым шагом защиты от атак с использованием квантовых вычислений и помогает разработать новые методы безопасной передачи данных.

Список литературы

1. Шемякина М. А. Анализ использования квантовых технологий в криптографии // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2019. № 5-4. С. 59–62.
2. Соловьев В. М. Квантовые компьютеры и квантовые алгоритмы. Ч. 1. Квантовые компьютеры // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2015. Т. 15, вып. 4. С. 462–477.
3. Соловьев В. М. Квантовые компьютеры и квантовые алгоритмы. Ч. 2. Квантовые алгоритмы // Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Математика. Механика. Информатика. 2016. Т. 16, вып. 1. С. 104–112.

Информация об авторе

Булатова Алина Рустемовна, студентка, Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики (г. Самара).

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

УДК 53.08

РАЗРАБОТКА ПРИБОРА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ШУМОВ ВРАЩЕНИЯ ПЕРЕМЕННЫХ ПРОВОЛОЧНЫХ РЕЗИСТОРОВ

Д. С. Бычков¹, А. А. Никулин², А. А. Генералова³

^{1, 2, 3} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ deciptikon@mail.ru

² artem.nikulin2003@yandex.ru

³ generalova_aa@mail.ru

Аннотация. С целью выявления подстроечных резисторов низкого качества был спроектирован прибор контроля сопротивления шумов вращения переменных проволочных резисторов. Для повышения точности встроенного аналого-цифрового преобразователя используемых микроконтроллеров был применен метод оверсемплинга, а для определения шумов использовалось программное дифференцирование и зонирование сигналов по заданным пользователям границам.

Ключевые слова: промышленность, резисторы, шумов вращения, микроконтроллеры, цифровая техника

Для цитирования: Бычков Д. С., Никулин А. А., Генералова А. А. Разработка прибора определения шумов вращения переменных проволочных резисторов // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 15–20.

В качестве технического задания было заявлено создание устройства измерения шумов вращения переменных проволочных резисторов в широком диапазоне номиналов (от 100 Ом до 47 000 Ом). Также в качестве требований были указаны возможность проведения испытаний сразу нескольких резисторов (около 10 штук), возможность переключения уровня регистрации шумов (на три положения: 200, 400 и 500 Ом).

Для реализации этого задания была спроектирована следующая блочная схема устройства [1], которая с целью удобочитаемости разбита на отдельные узлы:

- блок интерфейса – модуль на отдельной плате, отвечает за взаимодействие пользователя с прибором путем переключения режимов при помощи тумблера и кнопок (рис. 1);
- блок измерения – модуль на отдельной плате, предназначенный для измерения шумов вращения и вывода информации на дисплей (рис. 2);
- блок управления электродвигателем – модуль на отдельной плате, отвечающий за тактирование, запуск и остановку шагового электродвигателя (рис. 3).

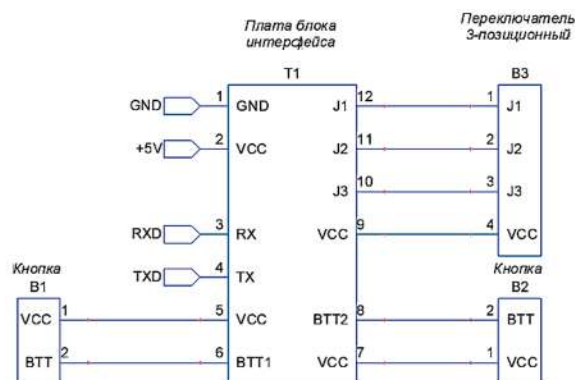


Рис. 1. Схема «Блок интерфейса»

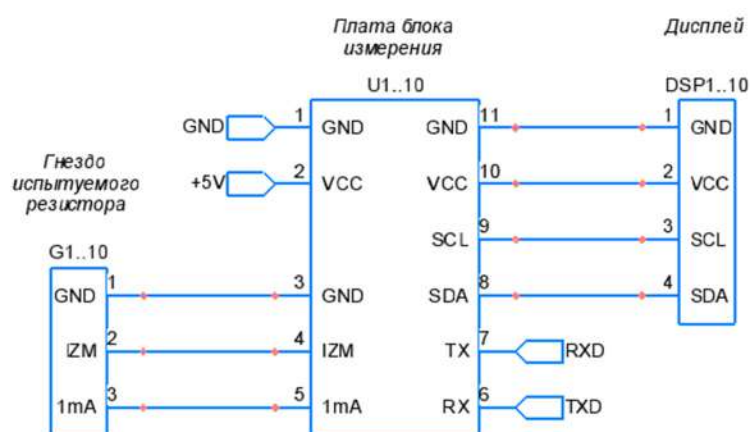


Рис. 2. Схема «Блок измерения»

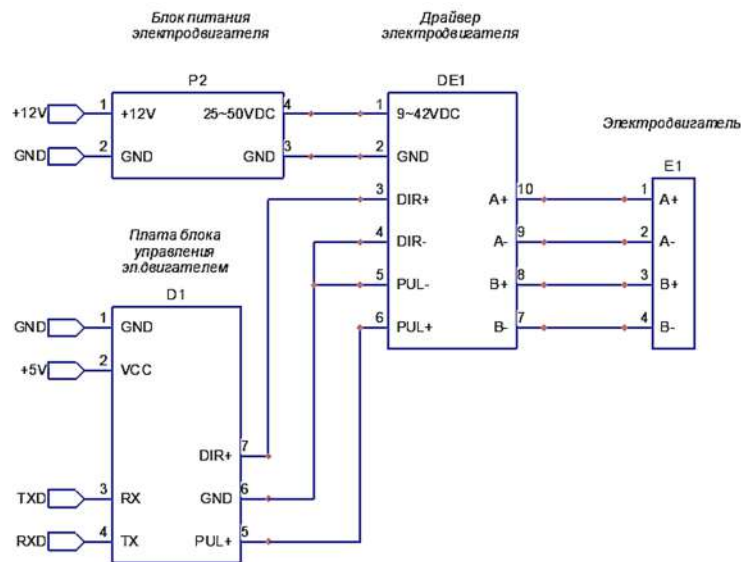


Рис. 3. Схема «Блок управления электродвигателем»

Некоторые прочие требования из технического задания будут частично упомянуты в дальнейшем изложении, так как являются более специфическими и локальными и не требуют заведомого упоминания.

Так как блок управления электродвигателем выполняет тривиальную работу (ожидает сигнал старта вращения и выполняет вращение указанное количество миллисекунд), его программу рассматривать не представляет никакого смысла, поэтому далее будет рассмотрен блок интерфейса.

Из программы блока интерфейса представляет интерес разве что метод определения положения галетного переключателя, который вычисляется по формуле

$$S = \left[(N_{\max} + 1) \cdot \frac{V}{V_0} - \frac{1}{2} \right],$$

где S – номер текущей позиции галетного переключателя; $N_{\max}$ – максимальное количество позиций переключателя (в рамках данного проекта $N_{\max} = 3$); V_0 – опорное напряжение, подаваемое на резистор; V – величина напряжения, считанного с аналого-цифрового преобразователя (АЦП) микроконтроллера; $\lceil \quad \rceil$ – округление до ближайшего большего целого числа.

Эта формула представляет собой многопороговую центрированную функцию преобразования данных, это видно на симуляции в программном пакете MathCad (рис. 4). Красным цветом изображена функция преобразования сигнала в номер режима, а кругом, квадратом и треугольником – точки расположения сигнала в случае использования идеальных резисторов на $3k$, $1k$ и $0,333k$ соответственно. Вертикальная ось соответствует номеру положения, а горизонтальная – данным, полученным с 10-битного АЦП.

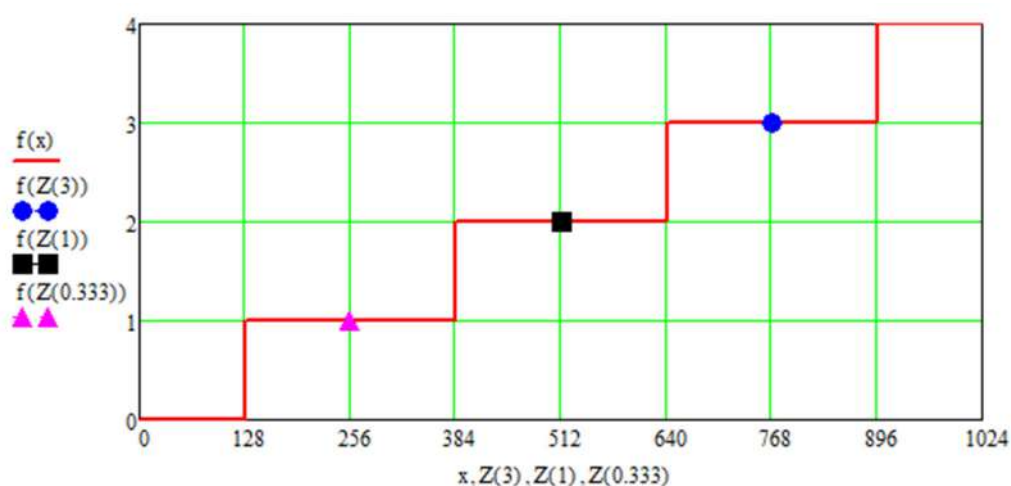


Рис. 4. Симуляция работы функции переключения

Подобный вид функции позволяет добавить в функционал переключения режимов устойчивость к отклонениям сопротивления [2] как резисторов, так и прочих помех в широком диапазоне: в данном случае ± 128 единиц АЦП, а также позволяет использовать резисторы «хороших» номиналов для использования на плате, сделанной по следующей схеме (рис. 5).

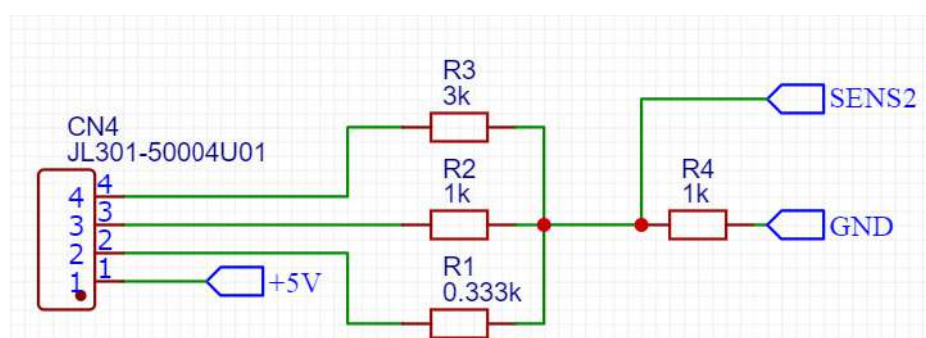


Рис. 5. Схема интерфейса переключения на плате «Блок интерфейса» (трехпозиционный переключатель)

Вся плата выполнена на базе микроконтроллера Atmega328 (рис. 6). Она разрабатывалась с учетом возможности изготовления без использования металлизации отверстий, для этого с целью оптимизации в трех местах оставлены специальные отверстия для «джамперов», которые нужно соединить при помощи проводников. Также с этой же целью все дорожки были проложены с нижней стороны, для облегчения процесса пайки.

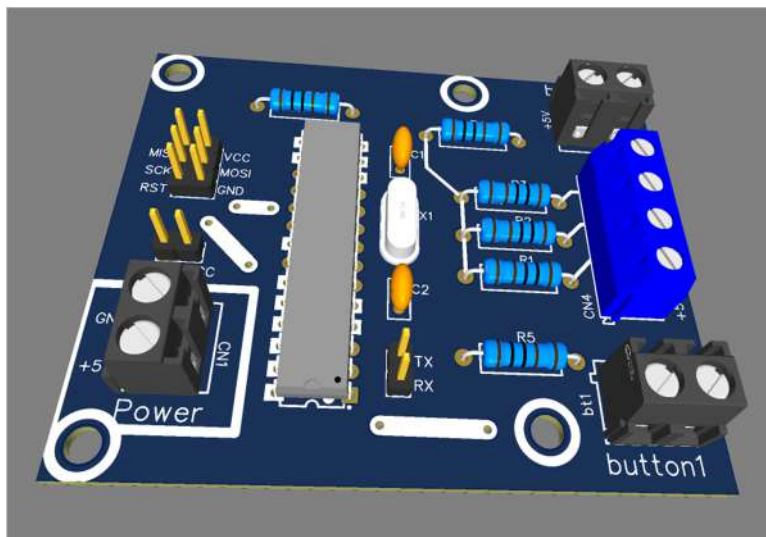


Рис. 6. 3D-модель платы «Блок интерфейса»

Что касается блока измерений, то он производит расчет количества шумов резистора путем программного дифференцирования напряжения, проходящего через резистор, и его анализ при помощи механизма областей регистрации. Его плата также построена на основе микроконтроллера Atmega328 (рис. 7).

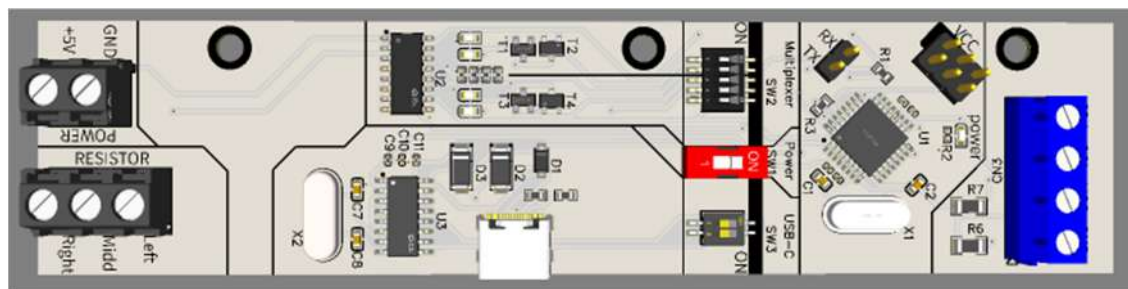


Рис. 7. 3D-модель платы «Блок измерения»

В качестве одного из требований была возможность регистрации наличия резистора в слоте установки. Чтобы прибор удовлетворял этим требованиям, было сделано следующее решение: сигнал от резистора к АЦП микроконтроллера проходит через встроенный двухканальный мультиплексор 74НС4053М/TR, выполняющий роль коммутатора двух разных цепей:

– первая цепь активируется по умолчанию и представляет собой цепь регистрации наличия резистора на основе тока утечки. Испытуемый резистор подключается последовательно с специальным опорным и образует с ним делитель напряжения. При отсутствии резистора или наличия в нем дефекта проводимости ток через этот резистор не идет и полное напряжение подается на вход АЦП. При установке исправного резистора через него начинает течь ток, который зависит от номинала этого резистора, вследствие этого на АЦП микроконтроллера приходит лишь часть напряжения;

– вторая цепь активируется программой во время перехода в режим измерения, она содержит только цепь резистора, на крайний контакт которого подано опорное напряжение. Таким образом подстроечный резистор работает в своем основном режиме делителя напряжения, величина напряжения, снимаемого со среднего контакта, пропорциональна его положению и зависит от количества оборотов.

Этот подход также позволяет в автоматическом режиме определять номинал установленного резистора, что избавляет от необходимости вводить номинал вручную:

$$R = R_0 \cdot \left(\frac{V}{V_0 - V} \right),$$

где R – номинал испытуемого резистора; R_0 – номинал опорного резистора (в рамках данного проекта $R_0 = 10$ кОм); V_0 – опорное напряжение, подаваемое на резистор; V – величина напряжения, считанного с АЦП микроконтроллера.

Программа для микроконтроллера разрабатывалась на основе метода конечных автоматов и содержит в себе несколько базовых состояний и переходов между ними (рис. 8).

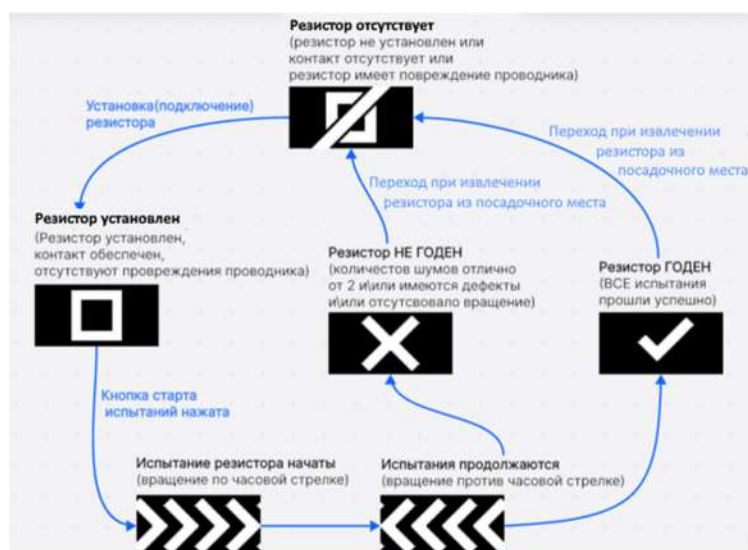


Рис. 8. Диаграмма состояний и переходов программы микроконтроллера

Так как точность встроенного АЦП микроконтроллера Atmega328 всего 10 бит, было решено увеличить его точность путем использования оверсемплинга [3]. Для этого была реализована функция oversamplingRead() на языке C [4], изображенная на рис. 9.

```
uint16_t oversamplingRead(int pin, int additionalBits) {
    if (additionalBits <= 0) {
        return analogRead(pin);
    }

    uint32_t sum = 0;
    const int oversampleFactor = 1 << (2 * additionalBits);

    for (int i = 0; i < oversampleFactor; i++) {
        sum += analogRead(pin);
    }
    return sum >> additionalBits;
}
```

Рис. 9. Функция, производящая измерение с повышенной точностью

Эта функция получает в качестве аргументов «номер» ножки микроконтроллера и количество бит, которые необходимо добавить к точности. Таким образом можно увеличить точность в заданное количество раз, теряя при этом в скорости измерения (множитель количества измерений пропорционален квадрату множителя повышения точности). В данном проекте было использовано повышение точности в 8 раз ($\text{additionalBits} = 3$), что привело к тому, что время каждого измерения возросло в 64 раза.

Были сделаны два прибора под разные способы крепления резисторов. Оба прибора успешно используются на современном заводе и исправно выполняют свои функции.

Список литературы

1. Шеховцов В. И., Золотаревский И. И. Проектирование электрических систем : учеб. пособие. М. : Академия, 2018. 320 с.
2. Курбатов Н. А. Электрические машины и аппараты : учебник. М. : Юрайт, 2017. 432 с.
3. Лионс Р. Цифровая обработка сигналов : практ. руководство. 3-е изд. М. : ДМК Пресс, 2015. 784 с.
4. C Standard Library Documentation // ISO/IEC 9899:2018 – International Standard for Programming Languages – C. URL: [cdn.standards.iteh.ai>samples](https://cdn.standards.iteh.ai/samples)

Информация об авторах

Бычков Дмитрий Сергеевич, инженер-исследователь кафедры «Математическое обеспечение и применение электронных вычислительных машин», Пензенский государственный университет.

Никулин Артем Анатольевич, инженер-исследователь кафедры «Математическое обеспечение и применение электронных вычислительных машин», Пензенский государственный университет.

Генералова Александра Александровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение электронных вычислительных машин», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.942

МОДЕЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЙ ПРИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКЕ КОНИЧЕСКОЙ ПОВЕРХНОСТИ В ANSYS WORKBENCH

А. А. Генералова¹, А. А. Никулин²

^{1, 2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ generalova@mail.ru

² artem.nikulin2003@yandex.ru

Аннотация. Исследование напряженно-деформированного состояния деталей, имеющих конический профиль, является одной из основных задач в области машиностроения, проектирования и моделирования, решение которой позволит обеспечить требуемый ресурс, надежность и безотказность работы деталей и механизмов. Несмотря на большое количество исследований как в отечественной, так и зарубежной литературе, по-прежнему мало изучена проблема распределения напряжений в процессе токарной обработки как на детали, так и на режущем инструменте. Решение данной проблемы путем формирования математических моделей и численного моделирования в системах автоматизированного проектирования позволит выявить закономерности их формирования, что даст возможность управлять и оптимизировать процесс обработки посредством управления технологическими режимами.

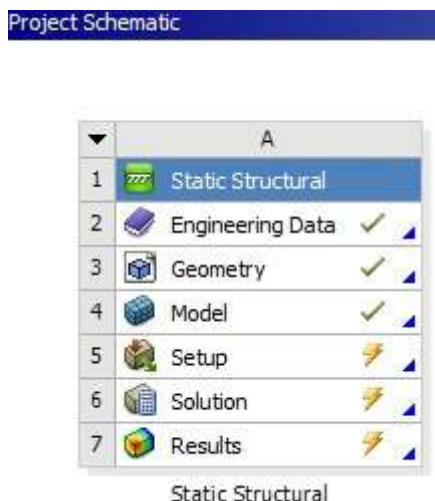
Ключевые слова: напряженно-деформированное состояние, численное моделирование, поверхность, резец, заготовка

Для цитирования: Генералова А. А., Никулин А. А. Моделирование напряжений при токарной обработке конической поверхности в ANSYS Workbench // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 21–24.

Существует множество литературных источников с советами и рекомендациями по режимам токарной обработки валов, цилиндрических деталей, зубчатых колес, но без детального анализа остаются конические заготовки, а именно: их профильная поверхность. При вращении таких заготовок в токарном станке нельзя однозначно сказать о величине возникающего напряжения, оно будет изменяться по мере удаления резца от центра детали к периферии при обработке. Чтобы повысить эффективность обработки, необходимо смоделировать процесс токарной обработки и выполнить расчет напряжений, возникающих в конической заготовке, в программе *ANSYS Workbench*.

Моделирование токарной обработки в *ANSYS Workbench* [1, 2] производится при помощи модуля *Static Structural* (рис. 1). Данный модуль предназначен для оценки напряжений и деформаций исследуемого тела под действием различных статических нагрузок.

Предварительно создается 3D-модель и загружается в расчетную область через вкладку *Geometry*. В качестве модели для исследования будет использован шкив вариаторной коробки передач легкового автомобиля [3, 4], так как это деталь, к которой предъявляются высокие требования к качеству изготовления. Во вкладке *Setup* указывается материал заготовки, в данном случае шкив изготовлен из Стали 45.

Рис. 1. Расчетный модуль *Static Structural*

После загрузки открывается расчетная область и дерево исследования. В дереве исследования во вкладке *Static Structural* выбираются типы нагрузок на обрабатываемую деталь. В данном случае при токарной обработке деталь устанавливается в трехкулачковый патрон. При обработке профильной поверхности базирование осуществляется за внутреннее отверстие шкива и заднюю торцевую поверхность. В дереве исследования (рис. 2) при помощи функции *Fixed Support* выбираются указанные грани. Это позволит ограничить осевые и радиальные перемещения заготовки относительно оси вращения. При помощи функции *Rotation Velocity* указывается фактическая скорость вращения шпинделя токарного станка. При настройке данного параметра в качестве объекта используется вся заготовка, а в качестве оси вращений – ось центрального отверстия шкива. После «виртуального» закрепления детали на станке необходимо задать силу резания P_z , которая передается от резца на шкив в процессе обработки. Эта величина вычисляется по формуле

$$P_z = 9,81 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p,$$

где v – фактическая скорость резания; S – подача инструмента; t – глубина резания C_p , x , y , n – коэффициенты резания, учитывающие геометрию и материал резца.

Данная формула учитывает геометрию и материал резца. Для используемого резца из быстрорежущей стали сила резания будет равна $P_z = 1114$ Н. Это значение загружается в дерево исследования при помощи функции *Force*. В качестве объекта приложения силы выбирается коническая поверхность.

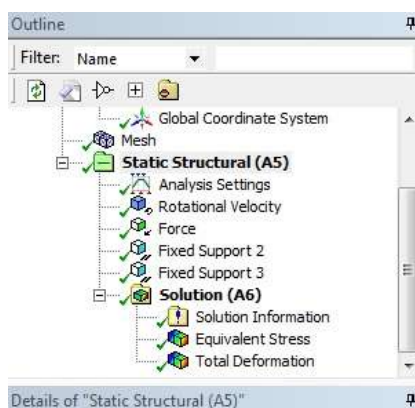


Рис. 2. Дерево исследования

После ввода вышеперечисленных параметров в дерево исследований в области исследования отображаются указанные параметры обработки с обозначением поверхностей, к которым прикладываются нагрузки (рис. 3).

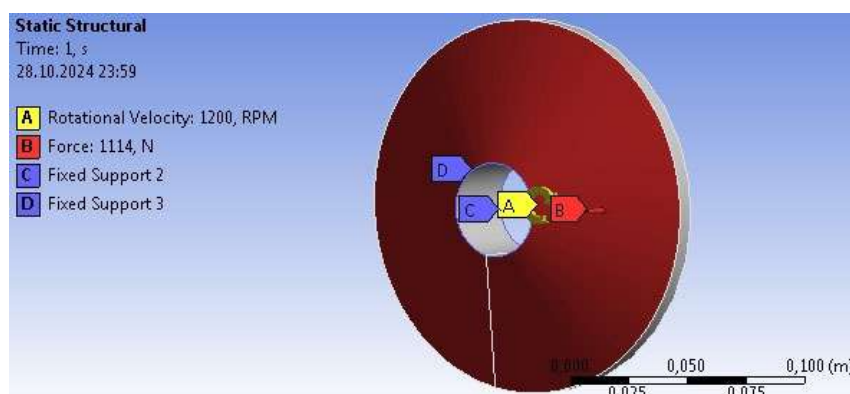


Рис. 3. Область исследования

После создания расчетной сетки и выполнения расчета выводятся размерная шкала и эпюра напряжений шкива в процессе обработки. Минимальное значение напряжений, возникающих при токарной обработке, составляет $P_{\min} = 18,53 \cdot 10^3$ Па, максимальное значение $P_{\max} = 2,91 \cdot 10^6$ МПа (рис. 4).

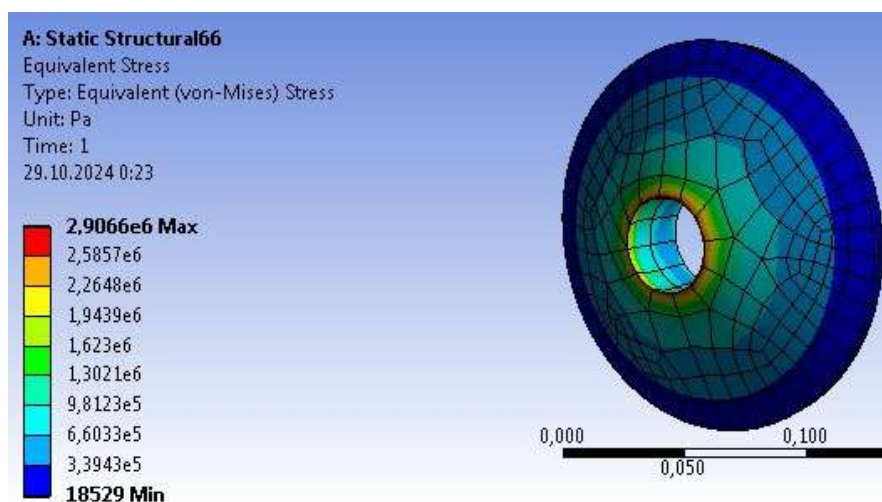


Рис. 4. Результаты исследований

В результате научного исследования определены максимальные и минимальные напряжения при обработке конической поверхности, возникающие как в центре, так и на периферии шкива. Проведенный анализ говорит о том, что для данных материалов резца и заготовки возникающие напряжения при обработке на периферии шкива достаточно малы, что свидетельствует о низкой центробежной силе для заготовки данной геометрии. Значит, возможно увеличение скорости вращения шпинделя станка, что позволит повысить скорость резания. Это положительно скажется на экономической эффективности процесса токарной обработки.

Список литературы

1. Федорова Н. Н., Вальгер С. А., Данилов М. Н., Захарова Ю. В. Основы работы в ANSYS 17. М. : ДМК Пресс, 2017. 210 с.

2. Ермаков А. И., Шкловец А. О. Решение сопряженных задач и моделирование деформирования элементов двигателей в программном комплексе ANSYS : учеб. пособие. Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. 95 с.

3. Генералова А. А., Никулин А. А., Бычков Д. С. Моделирование текстуры волнистости поверхности при токарной обработке шкивов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2024. Т. 22, № 3. С. 101–112. URL: <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-3-101-112>

4. Генералова А. А., Никулин А. А., Бычков Д. С. Аналитическое исследование характеристик стойкости инструмента и автоколебаний при токарной обработке шкивов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г. И. Носова. 2024. Т. 22, № 1. С. 61–75. URL: <https://doi.org/10.18503/1995-2732-2024-22-1-61-75>

Информация об авторах

Генералова Александра Александровна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение электронных вычислительных машин», Пензенский государственный университет.

Никулин Артем Анатольевич, инженер-исследователь кафедры «Математическое обеспечение и применение электронных вычислительных машин», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОДВОДНЫХ СИГНАЛОВ

М. А. Годунова¹, М. Г. Мясникова², Н. П. Зотов³

^{1, 2, 3} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

^{1, 3} schneider_0@bk.ru,

² mariagen@yandex.ru

Аннотация. В условиях растущего внимания к сохранению морских экосистем и важности подводных звуков для навигации и мониторинга данное исследование направлено на разработку и применение методов машинного обучения для классификации подводных сигналов. Авторами было выявлено, что эффективная идентификация подводных звуков является ключевым аспектом для предотвращения экологических катастроф и мониторинга морской жизни. Подчеркивается усовершенствование точности классификации благодаря использованию современных алгоритмов, включая сверточные нейронные сети (CNN) и решающие деревья. Демонстрируется, что глубокие нейронные сети обеспечивают более высокую точность по сравнению с традиционными подходами. Подчеркиваются значимость машинного обучения в эффективной идентификации подводных сигналов и его потенциал для дальнейших исследований в этой области.

Ключевые слова: идентификация, сигналы, машинное обучение, шум, подводные сигналы, звук, метод, классификация

Для цитирования: Годунова М. А., Мясникова М. Г., Зотов Н. П. Использование машинного обучения для идентификации подводных сигналов // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 25–27.

Изучение сигналов и шумов, возникающих под водой, сейчас представляет большой интерес для исследований и разработок, так как данные явления оказывают серьезное влияние на экосистему мирового океана, наводные и подводные передвижения, охрану природу и коммерческие задачи, например, добычу полезных ископаемых. Звук, распространяемый под водой, сообщает о присутствии, например, морских обитателей, скал, наличии природных явлений или других объектов, предоставляет информацию о состоянии окружающей среды. По звукам, которые издают киты, дельфины, можно отслеживать их миграционные маршруты, места обитания, сигналы от подводных лодок или кораблей сообщают об их навигационных маршрутах, возможных проблемах для проходимости. Подобающее распознавание и надлежащая классификация такого рода шумов позволяют не только следить за морской жизнью, осуществлять навигацию, но и предотвращать экологические катаклизмы, особенно в зонах активного антропогенного вмешательства, к примеру, в районах, где осуществляется нефтедобыча или рыбная ловля.

Базовой целью данной работы являются разработка и отладка алгоритмов машинного обучения, которые могут быть применены для идентификации объектов водной среды. С помощью подобного рода алгоритмов можно решать задачи в области экологии, разрабатывать качественные системы наблюдения, способные максимально точно отвечать на изменения в водной среде. Применяя современные методы, в частности, машинное обучение, можно существенно автоматизировать процесс, минимизировать риски, связанные с деятельностью человека, и создать автономно

работающую систему идентификации, которая может найти свое применение в различных сферах, например, тех, которые уже были указаны выше.

Существующие на сегодняшний день способы аналитики подводных сигналов в основном базируются на спектральном анализе и различных вариациях фильтрации. Но методы машинного обучения, такие как Support Vector Machines (SVM) и нейронные сети, существенно распространяют свое влияние, находя отклик в области анализа сигналов, так как способны выявлять комплексные паттерны в данных.

Современные исследования свидетельствуют, что такие алгоритмы машинного обучения, как обученные глубокие нейронные сети, показывают свою эффективность в идентификации шумов под водой и обеспечивают более высокую точность в сравнении со спектральным анализом [1–5].

Для данного исследования были использованы различные сигналы, которые были получены из открытых библиотек, в частности, были использованы шумы, полученные от плывущего человека, звука дыхания аквалангиста, и сигналы от подводных лодок, плывущих на разной глубине. На рис. 1 приведено графическое отображение сигналов в виде мел-частотных кепстральных коэффициентов (MFCC). Визуализация с помощью хроматической шкалы показывает степень интенсивности выбранных сигналов с изменением во времени по оси X. Интенсивность цвета отображает амплитуду каждого объекта с изменением во времени.

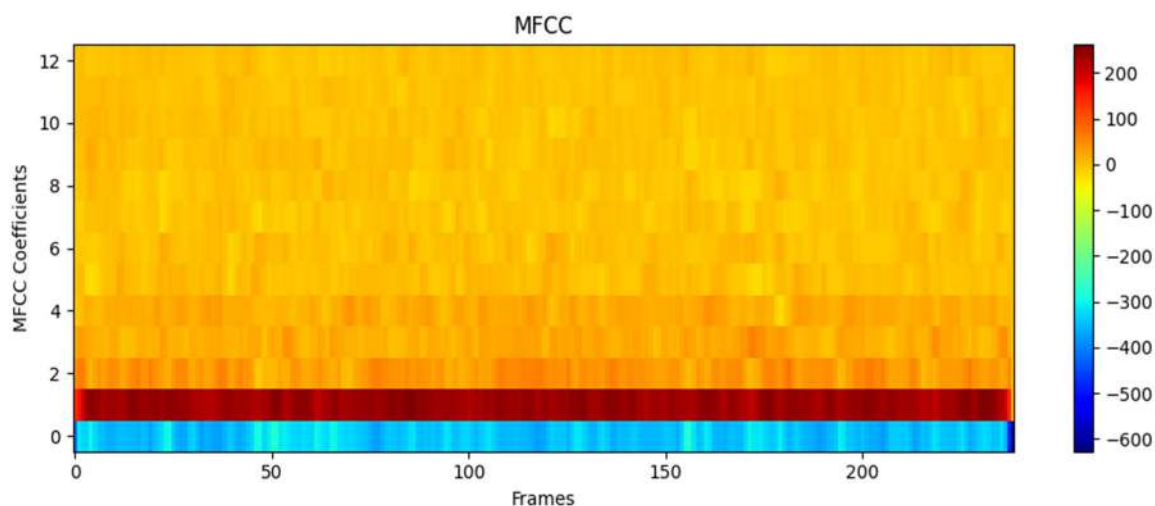


Рис. 1. MFCC

На первом этапе была применена очистка сигналов с помощью нормализации и фильтрации. Далее при классификации и идентификации сигналов были использованы сверточные нейронные сети и деревья. Опытным путем подбирались архитектура моделей для достижения ими высокой точности и устойчивости.

При отладке алгоритма оценка эффективности производилась с помощью стандартных метрик точности (accuracy) и полноты (recall), также была использована F1-мера. Была произведена кросс-валидация, чтобы увеличить надежность получаемых результатов. При обучении нейронной сети данные разбивались на две выборки: обучающую и тестовую в соотношении 80 к 20 соответственно.

На графиках, представленных на рис. 2, можно увидеть результаты работы алгоритма. Они свидетельствуют о том, что разработанная модель обучения с помощью машинного обучения показывает более высокоточный результат классификации в сравнении с методами спектрального анализа и фильтрации. На рис. 2 отражены графики метрик точности и потерь соответственно.

В результате было подтверждено утверждение о том, что сверточные нейронные сети демонстрируют лучшую работу в области идентификации подводных объектов. Но было выявлено, что при классификации высоко эмоционально нагруженных шумов имеются ограничения.

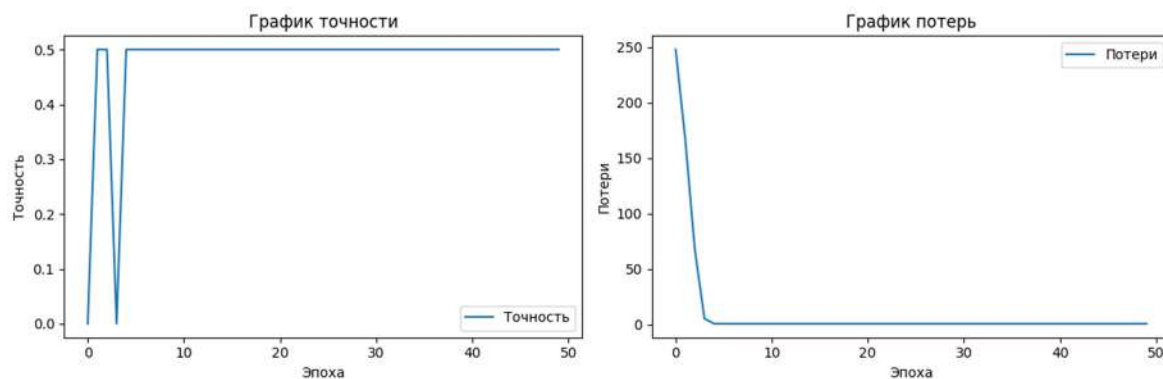


Рис. 2. Результаты обучения

Возможности методов машинного обучения демонстрируют высокую точность и преимущества при обработке больших объемов данных. Однако они требуют более значительных мощностных ресурсов при вычислениях и обучении моделей. Более зашумленные сигналы, сигналы с малой длительностью, сложные сигналы требуют более существенных ресурсов для поддержания точности классификации на высоком уровне.

Алгоритм машинного обучения, который был разработан, протестирован и отлажен в ходе данной работы, использование новых технологий – перспективная область разработок в области идентификации подводных объектов, так как нейронные сети оказывают значительное положительное влияние на точность и быстродействие решаемых задач в рамках данной области.

Список литературы

1. Лейбович Н. С., Генкин А. А. Применение методов машинного обучения для анализа подводных звуков // Водные ресурсы. 2021. Т. 48, № 3. С. 235–245.
2. Anusha H. K. N. [et al.]. Machine Learning Approaches in Acoustic Signal Analysis. 2021. doi: 10.1016/j.jnn.2021.101543
3. Karatanchev A. S. G. [et al.]. Deep Learning in Marine Sound Analysis. 2020. doi: 10.1109/JOURNAL.2020.9014592
4. Faulkner C. L. R. Signal Processing for Marine Applications. 2019. URL: <http://www.example.com> (дата обращения: 28.10.2024).
5. Кузнецов И. А., Римская Е. А. Идентификация подводных шумов с помощью методов глубокого обучения // Сигналы и системы. 2022. Т. 27, № 4. С. 189–198.

Информация об авторах

Годунова Маргарита Алексеевна, студентка, Пензенский государственный университет.

Мясникова Мария Геннадьевна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Автоматика и телемеханика», Пензенский государственный университет.

Зотов Никита Павлович, студент, Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.853

ВЫЯВЛЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ, СГЕНЕРИРОВАННЫХ НЕЙРОСЕТЯМИ

Д. А. Гришаев¹, И. П. Бурукина², Г. О. Фельдман³

^{1, 2, 3} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ dima_grishaev28@mail.ru

² burukinairina@gmail.com

³ gl.feldman2018@yandex.ru

Аннотация. Рассматриваются подходы к выявлению изображений, сгенерированных нейросетями: поверхностный, основанный на визуальном обнаружении ошибок, и технический, связанный с анализом скрытых характеристик изображения. Приведены примеры типичных «артефактов», возникающих в процессе генерации изображений нейросетями.

Ключевые слова: нейросети, артефакты, генерация изображений, выявление

Для цитирования: Гришаев Д. А., Бурукина И. П., Фельдман Г. О. Выявление изображений, сгенерированных нейросетями // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 28–31.

За последние годы генеративные модели нейросетей прошли тернистый путь от игрушек математических гениев до инструмента, с помощью которого любой человек за один клик может сгенерировать все, что ему вздумается. В связи с этой простотой окружающий нас мир заполнили изображения, сгенерированные нейросетями [1–3], и качество их выросло настолько, что мы уже и не отличим их от руки художника. Выявить созданные нейронной сетью изображения становится сложно, но есть несколько простых трюков, которые помогут найти дипфейк.

Как же найти подделку? Можно выделить два подхода: поверхностный и технический. Рассмотрим их подробнее:

1. Поверхностный – «артефакты», которые можно найти невооруженным глазом. К нему можно отнести следующие категории:

– *очевидные неточности.* Нейросети совершенствуются семимильными шагами, и подобные «артефакты» становятся редкостью, но все же иногда случаются. Рассмотрим две картинки с очевидными дефектами: на рис. 1,а мы видим женщину, у которой отсутствуют кисти рук вовсе и две руки слились в одну целую; на рис. 1,б мы видим проблему с пальцами: на одной руке всего четыре пальца, на другой можно заметить, что пальцы отображены неправильной стороной относительно того, как лежит ладонь;

– *нелогичности в общей композиции изображения.* Подобные «артефакты» не бросаются в глаза, но их можно выделить, если всматриваться в изображение. Для примера можно снова рассмотреть рис. 1: можно посмотреть на задний фон, на котором мы видим, что с длиной у стола явные проблемы, люди слева от девушки будто сидят за ним, хотя видно, что он должен заканчиваться примерно у ее плеча. Также обратим внимание на людей на заднем плане, лица у них размазанные, это также распространенное явление. Модели тратят свои усилия на генерацию переднего плана и основного объекта, и зачастую от этого задний план кишит разного рода «артефактами».



а)



б)

Рис. 1. Анатомический «артефакт» (а) и проблемы с кистями (б)

Рассмотрим рис. 2. На нем мы видим на первый взгляд обычное изображение, но можно заметить, что выпирающая часть стены с камином сливается с нижней частью этой стены, или ниже, что лампа проходит насквозь столика для этой самой лампы.



Рис. 2. Неочевидные проблемы

2. Технический – «артефакты», которые невооруженным взглядом разглядеть нельзя. Их также можно разделить на несколько категорий:

– *проблема с RGB каналами*. Рассмотрим и сравним изображение, сгенерированное нейросетью (рис. 3,а), и рисунок, написанный художником (рис. 3,б). Для этого воспользуемся программой Photoshop.



а)



б)

Рис. 3. Изображение, сгенерированное нейросетью (а), и «Fisherman's boy», автор 88grzes (б)

На рис. 4 изображен один и тот же участок в разных каналах, и видно, что зернистость от канала к каналу не меняется.



а)



б)



в)

Рис. 4. Участок рисунка в красном канале (а), в зеленом (б) и в синем (в) каналах

Если же проделать такой же эксперимент с картиной художника, то видно, что шум меняется от канала к каналу настолько, что кажется, будто это разные участки;

– «артефакты», не свойственные своему формату изображения. Большинство изображений, сгенерированных нейросетью, имеют формат png, но при этом на самом изображении можно заметить «артефакты», характерные jpeg сжатию. Связано это с тем, что при обучении модели нейронной сети подавались jpeg изображения.

Учитывая вышесказанное, делаем вывод, что современные модели способны генерировать изображения с минимальным количеством ошибок, но технические «артефакты», например шум на RGB каналах, с большой вероятностью останутся надолго, поэтому важно знать, как можно отличить изображение, сгенерированное нейросетью, от картин художников.

Список литературы

1. Голышева Е. Н., Медведев А. А., Масалитин Н. С., Ильинская Е. В. Основные подходы к генерации изображений с помощью нейронных сетей // Инновационная наука. 2023. № 11-2. URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 03.10.2024).
2. Бурукина И. П., Привалов А. Э. Исследование современных подходов к проектированию цифровых интерфейсов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2022. № 1 (61). С. 78–87. doi: 10.21685/2072-3059-2022-1-7
3. Миано Дж. Форматы и алгоритмы сжатия изображений в действии. М. : Триумф, 2003. 336 с.

Информация об авторах

Гришаев Дмитрий Алексеевич, студент, Пензенский государственный университет.

Бурукина Ирина Петровна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Системы автоматизированного проектирования», Пензенский государственный университет.

Фельдман Глеб Олегович, студент, Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004:946

ВИРТУАЛЬНАЯ РЕАЛЬНОСТЬ И ИНКЛЮЗИВНЫЙ ТУРИЗМ: ПУТЕШЕСТВИЯ ДЛЯ ВСЕХ

А. А. Бочкарева¹, М. М. Гришин², Е. А. Дзюба³

^{1, 2, 3} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ lensomni@outlook.com

² maksgrishinnomer160@gmail.com

³ dzyba@pnzgu.ru

Аннотация. Рассматривается использование технологий виртуальной реальности (VR) для сохранения и популяризации культурного наследия, а также повышения доступности туристических направлений для людей с ограниченными возможностями. Особое внимание уделяется разработке иммерсивных виртуальных туров, основанных на 3D-моделировании. Обсуждаются преимущества VR перед традиционными 2D-форматами, включая влияние телеприсутствия. Подчеркивается значимость социальной интеграции людей с ограниченными возможностями через внедрение механик виртуального передвижения, таких как использование инвалидной коляски и телепортация.

Ключевые слова: виртуальная реальность, люди с ограниченными возможностями, телеприсутствие, иммерсивный опыт, культурное наследие, социальная интеграция, виртуальные туры

Для цитирования: Бочкарева А. А., Гришин М. М., Дзюба Е. А. Виртуальная реальность и инклюзивный туризм: путешествия для всех // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 32–35.

Сохранение культурного наследия для будущих поколений является важнейшей задачей в современном развитии туризма. Особенного внимания заслуживают туристические направления, находящиеся под угрозой исчезновения, труднодоступные из-за географических, экономических и политических причин. Также это особенно актуально для достопримечательностей, находящихся под угрозой исчезновения из-за природных или антропогенных факторов. Многие уникальные места нашей планеты могут в скором времени исчезнуть из-за изменений климата, и запечатление таких объектов с помощью современных технологий становится критически важным для передачи их культурной и исторической ценности следующим поколениям [1]. Обеспечение доступа людей к подобным местам является актуальной задачей, ведущей к разработке новых туристических продуктов. Большое внимание стоит уделять туристам с ограниченными возможностями, которые не могут пользоваться большинством существующих туристических сервисов в полном объеме. В связи с этим возникает необходимость максимально реалистично передавать таким туристам атмосферу и особенности посещаемых мест. Таким образом, решение, позволяющее повысить доступность туристических направлений и качество оказания туристических услуг людям с ограниченными возможностями, является актуальной современной потребностью для успешного развития туризма. В данной статье обзревается модель виртуального мира, позволяющая восполнить вышеуказанные пробелы.

Технологии VR расширяют границы воображения пользователя путем создания иммерсивного опыта, т.е. полностью погружая его в искусственно созданный мир, где он может взаимодействовать

с объектами так, как если бы они были реальными. Данная характеристика, отличающая VR от традиционных медиа, называется «телеприсутствием». Виртуальная реальность активно используется в туристическом маркетинге, управлении туризмом и при изучении потребительского поведения туристов.

На рис. 1 представлена диаграмма компонентов, иллюстрирующая ключевые элементы, участвующие в создании иммерсивного опыта во время виртуальных экскурсий.

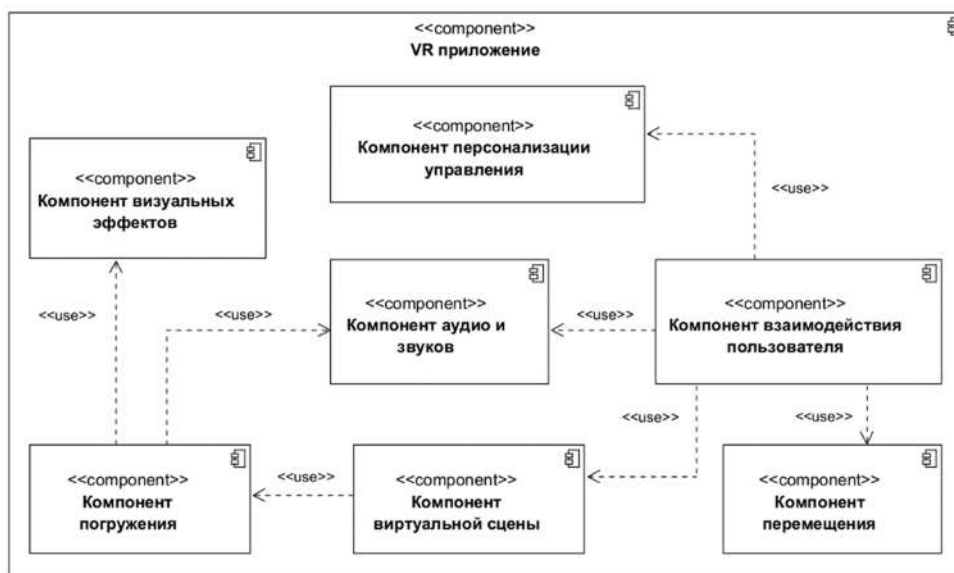


Рис. 1. Диаграмма компонентов

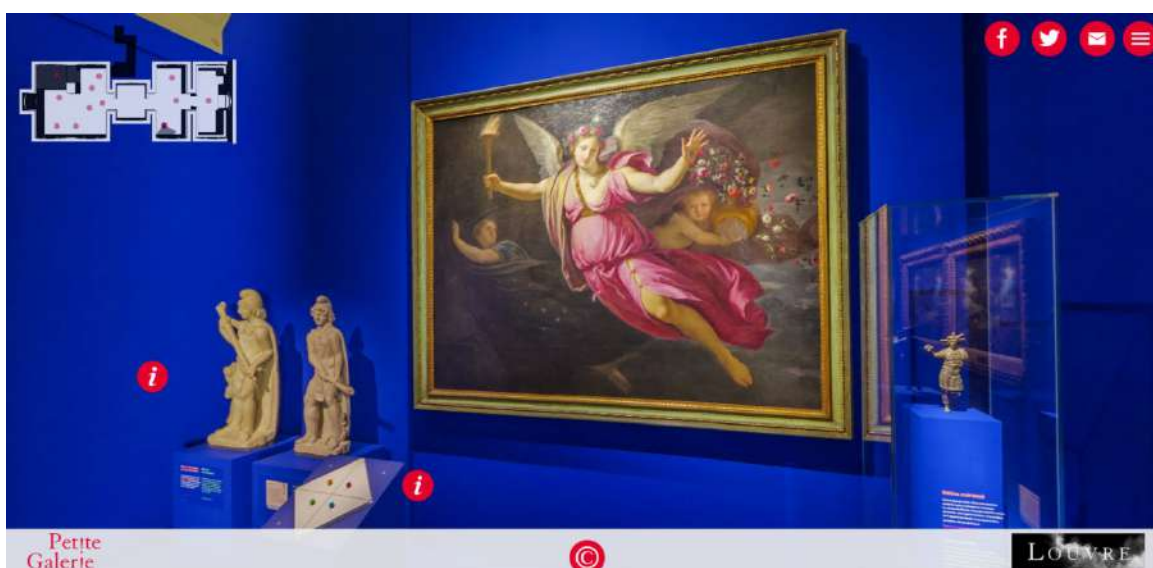
Намерения людей использовать VR технологию определяются их первоначальными представлениями о ее полезности и удобстве использования. Также стоит уделить внимание таким факторам, как стоимость использования VR, качество визуальной составляющей, интерактивность окружающих элементов и стремление индивида к новым ощущениям.

В исследованиях Гриффина Т. и др. [2] и Хоанга С. и др. [3], направленных на изучение влияния различных медиа на восприятие индивидами туристических объектов, испытуемые делились на две группы. Контрольная группа знакомилась с достопримечательностью с помощью технологии виртуальной реальности, целевой группе информация была представлена в 2D-формате.

VR помог людям вызвать больше положительных эмоций по отношению к туристическому месту. VR не заменяет реальное путешествие, при этом сообщается о более высоких намерениях использовать VR в будущем и посетить туристический объект в реальной жизни.

Повышение социальной интеграции людей с ограниченными возможностями все еще остается серьезной проблемой в нашем обществе, несмотря на усилия, предпринимаемые в этом направлении в последние десятилетия. Данная социальная группа часто сталкивается с архитектурными барьерами, которые мешают им наслаждаться посещением достопримечательностей и памятников. Если сложная архитектура мешает посещению в рамках обычной экскурсии, то она явно становится проблемой для людей в инвалидных колясках, для которых осмотр объекта практически невозможен из-за препятствий, создаваемых склонами, узкими коридорами, неровными полами или ступенями [4]. В настоящее время культурное наследие воспринимается как важный инструмент, способствующий социальной интеграции. Ввиду этого важны разработки, способствующие популяризации культурного наследия и открывающие новые возможности для исследований на стыке компьютерных и гуманитарных наук. VR может принести пользу всем, но люди с ограниченными возможностями, которые не могут путешествовать в полной мере, могут получить максимальную пользу от использования подобных симуляторов.

Когда люди подвергаются воздействию VR, их телеприсутствие увеличивается по сравнению с обычным 2D-представлением, а благодаря возможности взаимодействовать с окружающей средой в VR информация усваивается легче и быстрее. Для достижения наилучшего результата необходимо подбирать технологию создания виртуального пространства с учетом особенностей объекта. С целью реализации экскурсий по музеям и галереям эффективнее использовать метод 360-градусной съемки, поскольку он позволяет достигать максимальной реалистичности окружения. Множество музеев, в том числе Лувр (рис. 2,а), позволяют каждому желающему совершить увлекательное путешествие по их залам, не выходя из дома [5]. Однако для труднодоступных мест предпочтительнее применять технологии 3D-сканирования, такие как лазерное сканирование и фотограмметрия. Например, благодаря использованию метода фотограмметрической визуализации Structure from Motion при создании реалистичных 3D-моделей, посетители VR музея Underwater Malta могут погрузиться в недостижимые глубины океана и обнаружить на его дне исторические объекты, затонувшие корабли и самолеты (рис. 2,б) [6].



а)



б)

Рис. 2. VR экскурсия по выставке в Малой галерее Лувра (а),
3D-модель самолета, обнаруженного на морском дне (б)

С целью формирования позитивного опыта использования технологии у людей с ограниченной подвижностью необходима поддержка передвижения по симуляции в инвалидном кресле [7]. В данном контексте контроллеры движения должны побуждать пользователя двигать колеса настоящей инвалидной коляски, чтобы передвигаться. Для преодоления непроходимых участков и более удобного перемещения в целом лучшим выбором является реализация такой техники виртуального передвижения, как телепортация. С помощью этого механизма пользователь указывает место, куда хочет переместиться (например, с помощью контроллера или указания взгляда). При активации точка обзора пользователя мгновенно перемещается в указанное место. В дополнение к вышеперечисленным преимуществам стоит отметить, что VR интегрируется в приложения для персональных компьютеров, которые предоставляют доступ к виртуальным турам широкому кругу пользователей без необходимости приобретать специализированное оборудование.

Истинную ценность технологии обретают лишь тогда, когда они служат благополучию человека. Описанная разработка объединяет археологические знания с 3D-моделированием и компьютерной графикой для создания виртуального погружения, которое позволяет реалистично посещать объекты культурного наследия в удаленном режиме. Таким образом, технологии виртуальной реальности могут не только расширить границы восприятия туризма, но и предоставить уникальный опыт для людей с ограниченными возможностями, создавая инклюзивную и доступную среду для всех, желающих прикоснуться к культурным памятникам.

Список литературы

1. Sambhanthan A., Good A. A virtual world model to enhance tourism destination accessibility in developing countries // VCOBAM – Social Media Applications for Business, Learning and Society, 2012. URL: researchportal.port.ac.uk>
2. Griffin T., Giberson J., Lee S. H. [et al.]. Virtual reality and implications for destination marketing // Proceedings of the 48th Annual Travel and Tourism Research Association (TTRA) : Advancing Tourism Research Globally (Academic Paper 29). Canada : Quebec City, QC, 2017. URL: semanticscholar.org/paper
3. Hoang S. D., Dey S. K., Tučková Z. [et al.]. Harnessing the power of virtual reality: enhancing telepresence and inspiring sustainable travel intentions in the tourism industry // Technology in Society. 2023. Vol. 75. P. 102–378.
4. Iftikhar R., Khan M., Pasanchay Kh. Virtual reality tourism and technology acceptance: a disability perspective // Leisure Studies. 2023. Vol. 42. P. 849–865.
5. Лувр : официальный сайт. URL: <https://www.louvre.fr> (дата обращения: 15.10.2024).
6. Виртуальный музей Underwater Malta : официальный сайт. URL: <https://underwatermalta.org> (дата обращения: 15.10.2024).
7. Pérez E., Merchán P., Merchán M., Salamanca S. Virtual Reality to Foster Social Integration by Allowing Wheelchair Users to Tour Complex Archaeological Sites Realistically // The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. 2019. Vol. 12. P. 419.

Информация об авторах

Бочкарева Алёна Александровна, студентка, Пензенский государственный университет.

Гришин Максим Михайлович, студент, Пензенский государственный университет.

Дзюба Елена Анатольевна, старший преподаватель кафедры «Математическое обеспечение и применение электронных вычислительных машин», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.896

НЕЙРОСЕТЕВЫЕ ПОДХОДЫ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧИ СЕГМЕНТАЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЗАДНЕГО ФОНА НА КАРТОЧКАХ ТОВАРОВ ДЛЯ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМ

Д. А. Дьячков¹ А. А. Левин², Д. А. Костюк³

¹ Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

^{2,3} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ rkbcu@mail.ru

² levin_andrej@vk.com

³ itworkspacemail@gmail.com

Аннотация. Рассматриваются различные модели нейронных сетей, предназначенные для сегментации изображений. Делаются выводы о применимости этих моделей для решения практической задачи удаления фона с карточек товаров на маркетплейсах.

Ключевые слова: Semantic-SAM, сегментация изображений, нейронные сети, искусственный интеллект, U2Net, TracerUniversalB7, fba, BasNet, MODNet

Благодарности: статья подготовлена под научным руководством старшего преподавателя Е. А. Дзюбы.

Для цитирования: Дьячков Д. А., Левин А. А., Костюк Д. А. Нейросетевые подходы к решению задачи сегментации изображений для удаления заднего фона на карточках товаров для онлайн-платформ // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 36–39.

За сравнительно небольшое количество времени человечество накопило колоссальные объемы графической информации. К примеру, самый известный набор картинок ImageNet на текущий момент содержит более 14 млн картинок [1].

Подходы к обработке изображений тоже не стоят на месте. За последние 15 лет человечеству удалось достичь существенных результатов в задаче классификации, детектирования и сегментации объектов на изображениях, а также в задачах, связанных с реконструкцией трехмерных объектов по двумерным данным [2, 3].

Упомянутые выше задачи не являются сугубо теоретическими, напротив, имеют высокий коммерческий потенциал и востребованы в повседневной жизни.

Так, в сфере онлайн-торговли необходимо применение нейронных сетей для сегментации изображений, которые будут удалять фоновые объекты с карточек товаров, для повышения качества субъективного визуального представления.

Условия задачи таковы: есть множество фотографий товаров разного качества, с разным фоном, разной степенью детализации и с разным количеством товаров на фотографии. Необходимо сгенерировать карточки товаров с удаленным фоном.

Проведено исследование наиболее популярных нейросетевых архитектур для сегментации изображений.

Первой была запущена нейросеть TracerUniversalB7 [4], полученные результаты представлены на рис. 1, а.

Можно заметить, что качество сегментации на высоком уровне, несмотря на присутствие фрагментов фона. Также отметим, что TracerUniversalB7 практически не удалил ничего, что относится к объектам.

В целях улучшения работы TracerUniversalB7 был применен метод постобработки fba [4] (рис. 1,б), что ухудшило результат.

Следующей тестировалась модель U2Net [4] (сначала без fba, потом с fba), результаты работы которой можно видеть на рис. 1,в,г. Качество удаления заднего фона в среднем сравнимо с моделью TracerUniversalB7 (на некоторых картинках лучше, на некоторых хуже). Исходя из проведенных тестов, мы видим, что TracerUniversalB7 лучше выделяет объекты того же цвета, что и фон, а U2Net более качественно определяет, какие объекты считать фоном и удалять. Применение fba только ухудшило результат.

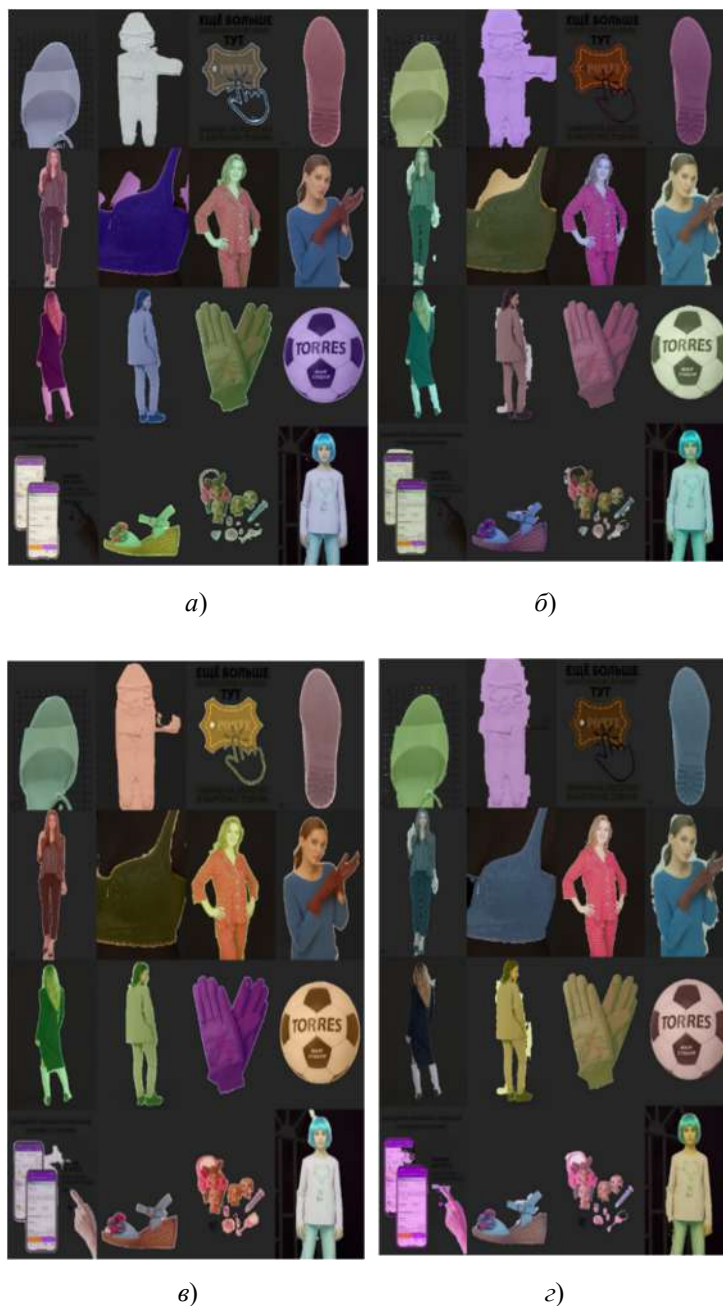


Рис. 1. Результаты работы:
 а – TracerUniversalB7 без fba; б – TracerUniversalB7 с fba;
 в – U2Net без fba; г – U2Net с fba

Результаты работы модели BasNet [5] представлены на рис. 2,а,б. По данным проведенного тестирования модель работает хуже, чем рассмотренные ранее модели.

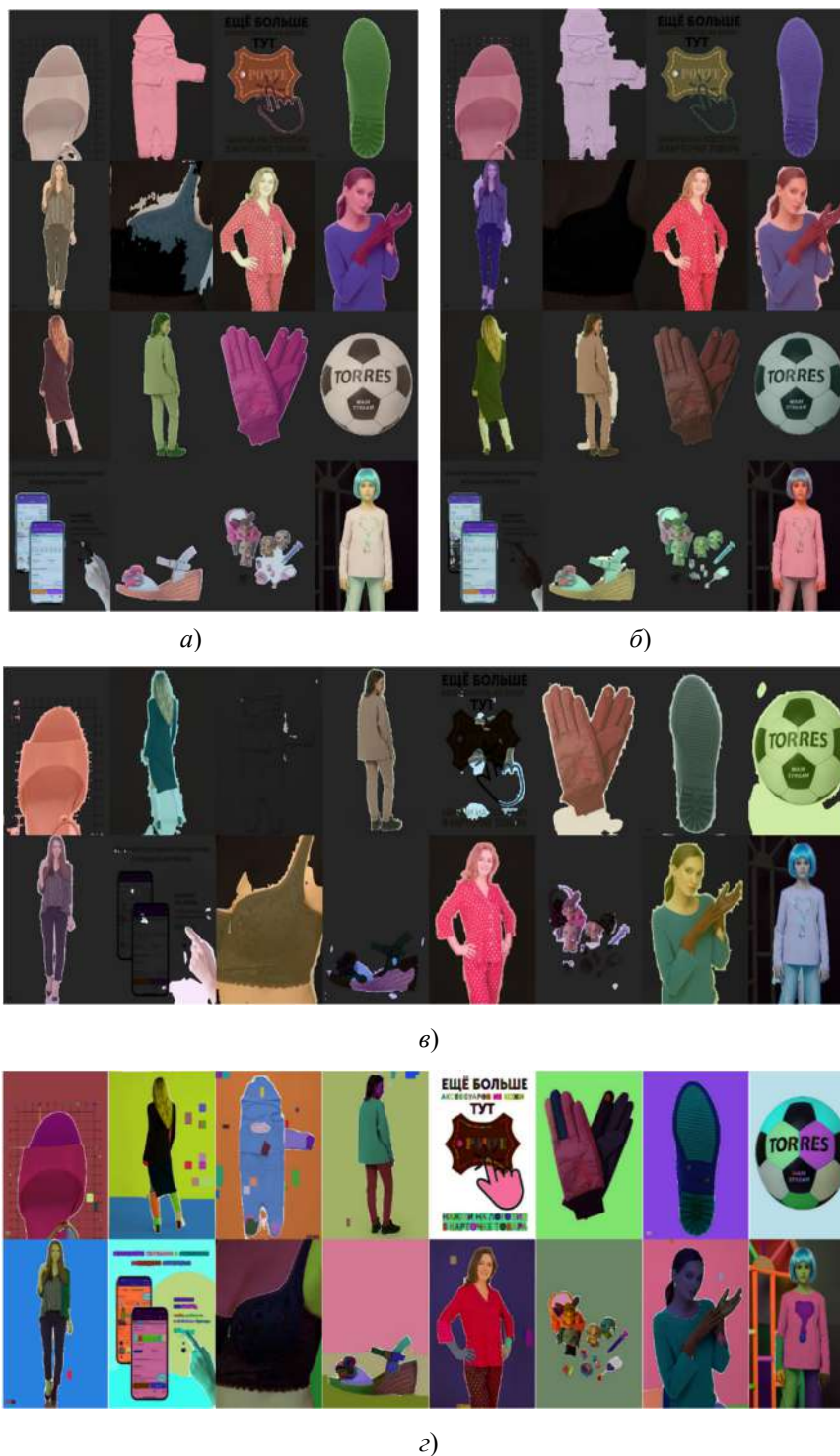


Рис. 2. Результаты работы:
а – BasNet без fba; б – BasNet с fba; в – MODNet; г – Semantic-SAM

Результаты работы MODNet [6] представлены на рис. 2,в. Так как нейросетевые модели, рассмотренные выше, справляются с задачей визуально более качественно, не будем рассматривать MODNet более детально.

Результаты работы модели Semantic-SAM [7] представлены на рис. 2,з.

Semantic-SAM – наиболее современная из всех рассмотренных моделей, предназначена не для удаления заднего фона, а для проведения многоклассового сегментирования. Оригинальная модель способна осуществлять сегментацию объекта, выделенного при помощи указания точки на картинке (координаты точки передаются в нейронную сеть), а также выделить объект по переданному классу (метке). Однако авторы оригинальной статьи не предоставили доступ к этим функциям: выложенная в публичный доступ модель способна осуществлять только автоматическое сегментирование всей картинки.

Результаты автоматической сегментации имеют высокую точность. Однако стоит отметить, что Semantic-SAM иногда ложноположительно срабатывает на больших равномерных кусках заднего фона, что проявляется в прямоугольных артефактах.

В целом такое поведение не является препятствием для использования модели в промышленной сфере и лишь свидетельствует о необходимости применения постобработки или более точной калибровки модели для однотипных карточек товаров.

Проведенные эксперименты показали, что наиболее качественного решения задачи удаления заднего фона с карточек товаров можно добиться путем применения Semantic-SAM. Однако при использовании этой архитектуры потребуются разработка алгоритма постобработки, который нивелировал бы наличие артефактов на заднем фоне и в целом принимал бы решение, какая из масок является задним фоном, а какая нет. С меньшей точностью указанную задачу позволяют решить нейросетевые архитектуры TracerUniversalB7 и U2Net. Однако, несмотря на менее качественное удаление фона, преимуществом этих архитектур является возможность использования с минимальным количеством доработок программного кода.

Список литературы

1. Открытый набор данных Image Net // image-net. URL: <https://image-net.org/about.php> (дата обращения: 01.11.2024).
2. Левин А. А., Кудашов А. С., Агапова В. А., Дьячков Д. А. Алгоритмы генерации 3D-моделей по изображениям // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. по материалам XI Всерос. науч.-практ. конф. (г. Пенза, 13 марта 2024 г.). Пенза : Изд-во ПГУ, 2024. С. 145–148.
3. Дьячков Д. А., Левин А. А. Обзор основных подходов к построению архитектур нейронных сетей, предназначенных для генерирования трехмерных представлений объектов по двумерным данным // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. по материалам X Всерос. науч.-практ. конф. (г. Пенза, 15 марта 2023 г.). Пенза : Изд-во ПГУ, 2023. С. 23–25.
4. Библиотека для сегментации изображений Carvekit // mattyjacks. URL: <https://github.com> (дата обращения: 01.11.2024).
5. Qin X., Zhang Z., Huang Ch. [et al.]. Basnet: Boundary-aware salient object detection // Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition. 2019. P. 7479–7489. URL: researchgate.net
6. Ke Z., Sun J., Li K. [et al.]. MODNet: Real-time trimap-free portrait matting via objective decomposition // Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2022. Vol. 36, № 1. P. 1140–1147.
7. Li F., Zhang H., Sun P. [et al.]. Semantic-sam: Segment and recognize anything at any granularity // arXiv preprint. URL: [arXiv:2307.04767](https://arxiv.org/abs/2307.04767). 2023

Информация об авторах

Дьячков Даниил Александрович, студент, Национальный исследовательский университет ИТМО (г. Санкт-Петербург).

Левин Андрей Алексеевич, студент, Пензенский государственный университет.

Костюк Денис Андреевич, студент, Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.8

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Е. С. Егорова¹, Д. С. Капезин²

^{1, 2} Пензенский государственный технологический университет, Пенза, Россия

¹ katepost@yandex.ru

² kap@sura.ru

Аннотация. Рассматривается процесс формирования модели языковой нейронной сети для решения задач по определению заболеваний на основе симптомов.

Ключевые слова: нейронные сети, модель, методика

Для цитирования: Егорова Е. С., Капезин Д. С. Методика формирования модели нейронной сети для решения задач диагностирования заболеваний // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 40–41.

Развитие информационных технологий и их использования в различных сферах деятельности облегчает труд многих специалистов. Однако врачей общей практики цифровизация привела к большому увеличению нагрузки, поскольку они проводят не только первичное обследование пациентов, ставят предварительный диагноз, выдают направление к врачу-специалисту и на дополнительное обследование, но и ведут электронные медицинские карты. Текущее состояние загруженности терапевтов в России дополняется также необходимостью не только выдавать направления к врачам узкой специализации, напрямую пациенты это сделать не могут, но и записывать их на прием к другому врачу и на обследование через специальную медицинскую систему. При этом основным предназначением врачей общей практики являются постановка диагнозов и назначение правильного лечения. Поэтому врач-терапевт должен обладать огромной базой знаний, затрагивающей практически все области и виды заболеваний. Для снижения нагрузки врачей и помощи в постановке диагнозов можно прибегнуть к использованию нейронных сетей.

Для решения задач диагностирования заболевания на основе симптоматики человека нейронная сеть должна обладать навыками понимания врачебного языка. Для таких задач существует понятие «Обработка естественного языка» (Natural Language Processing, NLP) – это одно из направлений развития нейронных сетей, которое предназначено для распознавания и понимания человеческого языка.

На этой базе уже существует небольшое количество решений, но большинство из них либо узконаправленные, либо выполняют другие общие задачи, например: «Sapia» – помощник по оценке степени тяжести острого панкреатита; «ИММЕРСМЕД» – система поддержки принятия врачебных решений в направлении «эпилепсия»; «Электронный клинический фармаколог» – помощник, помогающий подобрать и персонализировать фармакотерапию для пациента; «Webiomed» – платформа содержит встроенную систему поддержки принятия врачебных решений; «ТОП-3» – система, конкретизированная под задачи постановки предварительного диагноза [1]. Анализ существующих

программных решений позволил заключить важность разработки нейронной сети для диагностирования заболеваний.

Для создания так называемого «терапевтического помощника» рассмотрим модель BERT – это модель двунаправленного представления кодировщика из трансформеров. BERT использует модель трансферного обучения, позволяющую адаптировать ее под конкретные задачи, и является одной из передовых в области NLP. Основная суть работы BERT заключается в использовании трансформера «внимания». Его задачей является изучение взаимосвязей и отношений между словами или подсловами в тексте. По своей сути трансформер включает в себя два механизма: кодировщик и декодер. Первый считывает введенный текст, а второй создает прогноз для задачи. Для решений проблемы прогнозирования BERT используются две методики обучения: маскировочное языковое моделирование (MLM) и прогнозирование следующего предложения (NSP).

Первая методика заключается в скрывании некоторого количества слов в последовательности заменяющимися так называемыми токенами. Далее модель пытается предсказать значение замаскированных слов на основе остального контекста. Цель второй методики – в обучении прогнозирования неразрывности сути предложений. На вход подаются пары словосочетаний, по которым необходимо определить, является ли вторая пара продолжением первой.

Однако все модели, построенные на базе BERT, имеют ограничения по длине обрабатываемого текста. Базовый BERT имеет ограничение в 512 токенов. Медицинский текст имеет куда большее количество токенов.

Для решения этой проблемы можно использовать модель Longformer, поэтому конвертируем ROBERT в Longformer, который, в свою очередь, предлагает разделить механизм «внимания» на две составляющие: глобальное и локальное. Локальное внимание ограничивается N количеством токенов с каждой стороны. Глобальное внимание видит все токены последовательности. Такая модель позволяет решать проблемы, связанные с ограничением длины текста. Для обучения предполагается использовать набор данных (*data set*) из сервиса MedBench [2], а именно: RuMedTop3, задачей которого является прогнозирование диагноза на основе симптомов и жалоб пациента.

Таким образом, выполняя описанную методику можно получить готовую модель нейронной сети, подстроенную под задачи понимания медицинского языка и определения заболевания. Такую «предобученную модель» можно интегрировать в любую информационную систему медицинского учреждения для дальнейшего «дообучения» на медицинских картах пациентов.

Список литературы

1. Обзор Российских систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР). URL: <https://webiomed.ru> (дата обращения: 29.10.2024).
2. Открытый набор задач в области здравоохранения. URL: <https://medbench.ru> (дата обращения: 29.10.2024).

Информация об авторах

Егорова Екатерина Сергеевна, кандидат экономических наук, доцент кафедры «Прикладная информатика», Пензенский государственный технологический университет.

Капезин Денис Сергеевич, студент, Пензенский государственный технологический университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 621.396

О СПЕЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЯХ, ПРОВОДИМЫХ НА СТАНЦИЯХ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНЫХ ОЦЕНОК РАЗЛИЧНЫХ МЕХАНИЗМОВ ИЗЛУЧЕНИЯ АНТЕНН

С. В. Зинкин¹, В. Е. Тасимов², К. Ф. Керженов³

^{1, 2, 3} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ sergius-@bk.ru

² tasimchuk@gmail.ru

³ kamil-kerzhenov@mail.ru

Аннотация. Как правило, механизм излучения двухзеркальных антенн анализировался с позиций геометрической теории дифракции. Были выявлены различные лучи, совокупность которых определяет механизм излучения антенны в целом. Это лучи, определяющие излучение двухзеркальной антенны в направлении главного излучения. Следует особо подчеркнуть то обстоятельство, что различия в длинах пути всех четырех лучей имеют априорно детерминированные значения, легко рассчитываемые для каждой конкретной реализации данной схемы антенны. Именно это обстоятельство лежит в основе специальных измерений. Принципиальное отличие от ранее рассмотренных схем измерения заключается в том, что вместо генератора непрерывных колебаний применяется импульсный генератор и соответствующий регистрационный прибор на приемной части оборудования. Рассмотрены порядок измерения основных функциональных параметров и параметров электромагнитной совместимости: энергетическая добротность, коэффициент усиления антенны и измерение развязки между передающим и приемным трактами.

Ключевые слова: станция спутниковой связи, излучение, антенна, сравнительная оценка

Для цитирования: Зинкин С. В., Тасимов В. Е., Керженов К. Ф. О специальных измерениях, проводимых на станциях спутниковой связи для получения сравнительных оценок различных механизмов излучения антенн // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 42–45.

Введение

Как правило, механизм излучения двухзеркальных антенн анализировался с позиций геометрической теории дифракции. Были выявлены различные лучи, совокупность которых определяет механизм излучения антенны в целом. Эти лучи, определяющие излучение двухзеркальной антенны в направлении главного излучения и приведенные на рис. 1, образованы следующим образом:

- луч 1 (прямое излучение рупора – отражение от контррефлектора – переотражение от основного зеркала);
- луч 2 (прямое излучение рупора – дифракция на краю контррефлектора);
- луч 3 (прямое излучение рупора – отражение от контррефлектора – дифракция на краю рупора – вторичное отражение от контррефлектора – переотражение от основного зеркала);
- луч 4 (прямое излучение рупора – отражение от контррефлектора – переотражение от основного зеркала – дифракция на кромке контррефлектора – вторичное переотражение от основного зеркала).

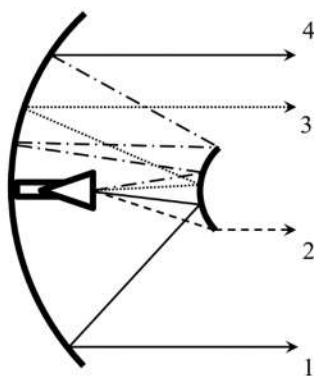


Рис. 1. Излучение двухзеркальной антенны

Указанные лучи различаются между собой по двум параметрам: по интенсивности и по длине пути [1, 2].

Следует особо подчеркнуть то обстоятельство, что различия в длинах пути всех четырех лучей имеют априорно детерминированные значения, легко рассчитываемые для каждой конкретной реализации данной схемы антенны. Именно это обстоятельство лежит в основе специальных измерений. Принципиальное отличие от ранее рассмотренных схем измерения заключается в том, что вместо генератора непрерывных колебаний применяются импульсный генератор и соответствующий регистрационный прибор на приемной части оборудования.

Следует отметить, что длительность импульса $\Delta t_{\text{имп}}$ должна удовлетворять условию

$$\Delta t_{\text{имп}} < \Delta L_{\text{мин}} / C,$$

где $C = 3 \cdot 10^8$ м/с; $\Delta L_{\text{мин}}$ – минимальное отличие по длине пути между лучами.

Если считать, что для реальных двухзеркальных антенн $\Delta L_{\text{мин}}$ составляет около 1 м, то длительность импульса должна быть менее 1 нс¹ [3, 4].

Результаты измерения, при котором регистрировались как интенсивность принимаемых импульсов, так и разница во времени их регистрации, приведены на рис. 2. Видно, что временная разность между регистрацией лучей 1, 2 составляет 5 нс, что означает: разность хода между лучами 2 и 1 составляет $\Delta L_{2-1} = 1,5$ м. Аналогично имеем, что разность хода между лучами 1 и 3 составляет $\Delta L_{3-1} = 0,8$ м, а между лучами 1 и 4 – $\Delta L_{4-1} = 1,8$ м. Если принять интенсивность луча 1 за 0 дБ, то интенсивность лучей 2, 3 и 4 составляет –23, –19 и –15 дБ соответственно. Приведенные данные достаточно наглядно иллюстрируют преимущество данного метода измерения для оценки вкладов различных механизмов излучения антенны по различным угловым направлениям [5, 6].

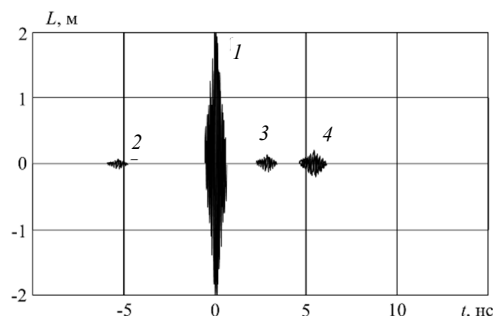


Рис. 2. Интенсивность принимаемых импульсов и разница во времени их регистрации

¹ ОСТ 45.164–2001. Станции земные для линий спутниковой связи, работающие с ИСЗ на геостационарной орбите в диапазонах частот 6/4 ГГц и 14/11–12 ГГц. Методы измерений и испытаний параметров составных частей станций. М., 2001. URL: <http://gost.gtsever.ru>

Измерение основных функциональных параметров и параметров электромагнитной совместимости

Определение энергетической добротности станции спутниковой связи производится расчетным методом после измерения шумовой температуры приемной системы и коэффициента усиления антенны на прием.

Измерение шумовой температуры должно проводиться в сухую безоблачную погоду. Угол закрытия местностью при выбранном азимутальном угле должен быть не более $0,5^\circ$.

Шумовая температура измеряется с помощью анализатора спектра, подключенного к выходу малошумящего усилителя (МШУ), путем сравнения уровней шумовых сигналов на выходе МШУ при поочередном подключении его входа к антенне (штатно) и к эталонной согласованной нагрузке, имеющей температуру окружающей среды [7–9].

Шумовая температура приемной системы T , К, вычисляется по формуле

$$T = (T_0 + T_{\text{МШУ}}) / \beta,$$

где T_0 – температура окружающей среды, принимаемая равной 290 К; $T_{\text{МШУ}}$ – шумовая температура МШУ; β – превышающее 1 отношение мощностей шумовых сигналов.

Измерение значения затухания $\eta_{\text{пм}}$, дБ, и $\eta_{\text{плд}}$, дБ, проводится в приемной и передающей частях антенно-волноводного тракта антенны с помощью рефлектометра, соответствующего рабочему диапазону частот антенны (использовать техническое описание и инструкцию по эксплуатации прибора).

Добротность станции спутниковой связи G/T , дБ/К, рассчитывается по формуле

$$G/T = G_{\text{пм}} - \eta_{\text{пм}} - 10 \cdot \lg T,$$

где $G_{\text{пм}}$ – коэффициент усиления антенны на прием, дБ.

Определение коэффициента усиления антенны проводится расчетным путем на основании результатов измерения ширины ДН (диаграммы направленности) антенны на прием и передачу по уровням -3 дБ и -10 дБ с помощью следующих формул:

$$G = 10 \cdot \lg(G_3 + G_{10})/2,$$

$$G_3 = 31\,000 / (v_3 \cdot \varphi_3),$$

$$G_{10} = 91\,000 / (v_{10} \cdot \varphi_{10}),$$

где v_3 и φ_3 – ширина главного лепестка ДН в градусах по уровню -3 дБ в азимутальной и угломестной плоскостях соответственно; v_{10} и φ_{10} – ширина главного лепестка ДН в градусах по уровню -10 дБ в азимутальной и угломестной плоскостях соответственно [10, 11].

Измерение развязки между передающим и приемным трактами проводится следующим образом:

- 1) с помощью измерителя мощности измерить суммарную мощность на выходе МШУ в штатном режиме при выключенном передатчике;
- 2) отвести антенну в зенит и подать от генератора, работающего на частоте приема, имитирующий сигнал так, чтобы суммарная мощность на выходе МШУ равнялась ранее измеренной;
- 3) с помощью анализатора спектра измерить отношение сигнал/шум на выходе МШУ при выключенном и при включенном на максимальную мощность передатчике или передатчиках. В процессе испытаний мощность имитирующего сигнала должна быть максимальной соответствующей линейному участку амплитудной характеристики МШУ.

Заключение

Таким образом, представлены особенности специальных измерений, проводимых на станциях спутниковой связи для получения сравнительных оценок различных механизмов излучения антенн, которые необходимо учитывать при их проектировании.

Список литературы

1. Гладышев А. Б., Дмитриев Д. Д., Ратушняк В. Н. [и др.] Стенд для измерения направленных характеристик антенн спутниковых систем связи // Космические аппараты и технологии. 2020. № 4 (34). С. 201–208.
2. Мухин А. В. Исследование радиотехнических характеристик зеркальных антенн космических аппаратов: дис. ... канд. техн. наук: 05.12.07. Томск, 2016. 140 с.
3. Дмитриев С. Н. Системы спутниковой связи: лабораторный практикум. Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2019. 76 с.
4. Миляев П. В., Калинин Ю. Н. Современные методы и средства измерения радиотехнических характеристик антенн // Метрология в радиоэлектронике : материалы XI Всерос. науч.-техн. конф., Менделеево, Московская обл., 2018. С. 19–25.
5. Кирпанев А. В., Кирпанев Н. А. Принципы исследования антенн с обтекателем регулярной формы с помощью сферического сканера // Вопросы радиоэлектроники. 2020. № 4. С. 14–21.
6. Parini C., Gregson S., McCormic J., Daniel J. Theory and Practice of Modern Antenna Range Measurements. London : Institution of Engineering and Technology, 2015. (Electromagnetic waves series 55). URL: researchgate.net>
7. Chizh A., Malyshev S., Mikitchuk K. [et al.]. Wideband planar near-field antenna measurement technique using an analog fiber-optic link // Proceedings of 45th European Microwave Conference (EuMC) (Paris, 6–11 September). 2015. P. 1148–1151. URL: researchgate.net>
8. Доманов С. К., Мухин А. В. Сравнительный анализ результатов измерений радиотехнических характеристик антенны К-диапазона в измерительном комплексе ближнего поля в схемах с преобразованием частоты и с использованием широкополосной волоконно-оптической линии передачи // Научная сессия ТУСУР-2016 : докл. Всерос. науч.-техн. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. Томск, 2016. С. 32–35.
9. Узолин Е. Ю., Крюков И. Г. Синтез профиля поверхности рефлекторов однозеркальных контурных антенн с использованием полиномов Цернике // Доклады ТУСУРа. 2012. № 2. С. 92–95.
10. Фролов О. П., Вальд В. П. Зеркальные антенны для земных станций спутниковой связи. М. : Горячая линия – Телеком, 2008. 496 с.
11. Шишлов А. В. Зеркальные антенны с контурными диаграммами направленности – эффективность и предельные возможности // Радиотехника. 2006. № 4. С. 45–50.

Информация об авторах

Зинкин Сергей Владимирович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Радио- и спутниковая связь», Пензенский государственный университет.

Тасимов Виктор Евгеньевич, преподаватель кафедры «Радио- и спутниковая связь», Пензенский государственный университет.

Керженов Камиль Фяритович, студент, Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.932.72

ПРОГРАММНЫЙ ПРОДУКТ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

Н. В. Злыдарев¹, А. Н. Тюлюмов²

^{1, 2} Магнитогорский государственный технический университет
им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия

¹ nekit777.net@gmail.com

² tulumov.a@yandex.ru

Аннотация. Проведен анализ снижения человеческого фактора при принятии решений о техническом состоянии опасного производственного объекта с целью поиска эффективных методов и алгоритмов для решения задачи идентификации типовых объектов на фотоизображении. В процессе исследования методов и алгоритмов для поиска объектов на изображении выявлены их достоинства и недостатки. Указаны причины, по которым невозможно идентифицировать типовые объекты, вентиляционные дефлекторы и ветровые ограждения. Исходя из полученной и проанализированной информации, выбран метод распознавания и идентификации типовых объектов на изображении с помощью сопоставления шаблонов. На основе вышеуказанного метода спроектирован программный продукт для поиска типовых объектов на фотоизображениях.

Ключевые слова: типизированные объекты, программное обеспечение, распознавание, фотоизображение, макет

Благодарности: статья подготовлена под научным руководством доктора технических наук, профессора О. С. Логуновой.

Для цитирования: Злыдарев Н. В., Тюлюмов А. Н. Программный продукт для распознавания и идентификации объектов на изображении // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 46–50.

Идентификация и распознавание объектов, в том числе и типовых, входят в состав задач, выполняемых при технической оценке состояния опасных производственных объектов. К производственным объектам относят различные строения, например, объекты промышленного и сельскохозяйственного назначения, в том числе склады. С течением времени данные объекты теряют свои качества и исходные характеристики, что приводит к их полному или частичному разрушению. Повреждение производственных объектов несет только негативный характер для промышленных предприятий. Организациям приходится тратить средства на полное или частичное восстановление объектов. При этом данные затраты значительно выше тех, что возникают при своевременном ремонте зданий и сооружений. Необходимость или отсутствие этой необходимости выявляются в результате экспертной оценки технического состояния зданий или сооружений. Экспертная оценка выполняется систематически специалистами в сфере промышленной безопасности. Как упоминалось ранее, в данный процесс входит оценка состояния типизированных объектов. В рамках данной работы под типизированными объектами понимаются объекты, которые располагаются на производственных сооружениях и имеют общие черты: форму, цвет и назначение. Авторами работы рассматривались два типа объектов: вентиляционные дефлекторы и ветровые ограждения. Данные типовые объекты подходят под определение типизированных, так как имеют одинаковую форму и назначение. Дать

характеристику цвета для данных объектов зачастую невозможно, так как на вентиляционных дефлекторах и ветровых ограждениях, которые рассматривались в рамках исследования, присутствовали очаги коррозии и ржавчины. Стоит отметить необходимость распознавания и оценки состояния данных объектов. При повреждении или полном уничтожении вентиляционных дефлекторов нарушается воздушный поток, что ведет к причинению вреда сотрудникам предприятия и снижению их эффективности. В результате повреждения ветровых ограждений при сильных порывах ветра возможно нарушение целостности кровли. В текущий момент времени контроль и оценка состояния данных объектов ведутся людьми с помощью обычного визуального осмотра. Данный подход неэффективен ввиду ряда причин: высокие временные затраты, возникающие из-за того, что специалисту необходимо добраться до объекта, например, подняться на крышу; ввиду нарушения целостности производственных объектов, например, разрушения кровли крыши, специалист в процессе обследования подвергается неоправданным рискам причинения вреда здоровью.

На рис. 1 представлен участок кровли крыши производственного цеха с вентиляционными дефлекторами.



Рис. 1. Вентиляционные дефлекторы, расположенные на крыше производственного цеха

Авторами в рамках данной работы рассмотрены только два типа объектов. При этом к типизированным объектам относят различные элементы инфраструктуры, находящиеся на зданиях и сооружениях. Точное количество групп типизированных объектов привести затруднительно, так как данные элементы зданий и сооружений имеют множество применений, но при этом утверждается, что данные объекты выполняют определенные задачи и функции, невыполнение которых приводит к нарушению целостности и функциональности производственных строений.

В рамках данного исследования рассмотрены методы и алгоритмы, программные обеспечения, которые решают задачу поиска и идентификации типизированных объектов. Данные решения в большей степени поделены на три подгруппы: разработки, связанные со сбором информации на труднодоступных объектах [1–2]; разработки, предназначенные для обработки изображений [3–4]; группа работ по обнаружению рельефных особенностей и городских целей [5].

Авторами произведен сравнительный анализ данных решений и оценена их применимость для поиска и идентификации вышеуказанных типизированных объектов (вентиляционных дефлекторов и ветровых ограждений). Выявлено, что ни одно из проанализированных решений не позволяет идентифицировать данные объекты. В основе большинства решений лежат нейросети. Основным преимуществом является то, что решения, основанные на применении нейросетей, менее чувствительны к изменению положения и размера искомого объекта. При этом имеется и ряд существенных недостатков у данного подхода. Для корректной работы таких решений необходимо обучение нейросети на большой выборке изображений. Важно, что этим занимается не конечный пользователь программного обеспечения, а опытный специалист, и в случае изменения типов объектов потребуется повторение данного трудоемкого процесса. Также важно отметить, что с помощью нейросети распознавались крупные объекты, объекты, которые занимают более 10 % от размеров исходного изображения. Также не учтены ситуации, когда искомые объекты схожи с фоном и

другими элементами зданий и сооружений. Такая ситуация возникает при поиске вентиляционных дефлекторов, которые одновременно имеют небольшие размеры (меньше 10 %) и зачастую схожи с другими элементами крыши. Работы, использующие иные технологии, имеют аналогичные трудности, проявляющиеся в процессе подготовки программного обеспечения при изменении типа объектов, но при этом имеют дополнительные недостатки, отражающиеся в неспособности идентифицировать типовые объекты при сильном изменении масштаба и при изменении положения фотоизображения или объекта. Ввиду несовершенности данных решений принято решение разработки нового программного обеспечения на основе метода сопоставления макетов, шаблонов типизированных объектов. Данный метод взят по причине быстрой подстройки под различные типы объектов и высокой точности обнаружения. Временные затраты на обработку одного фотоизображения оценены авторами как удовлетворительные. Использование данного метода позволяет избежать лишних трудозатрат на обучение нейросети, а также для работы не требует экспертных навыков у конечного пользователя. При использовании метода сопоставления шаблонов формируется библиотека, включающая в себя папки с изображениями макетов объектов. Макеты формируются под различным углом, а также с учетом повреждений и особенностей, за счет этого достигается оптимальная и гибкая настройка программного обеспечения для идентификации типизированных объектов.

Программное обеспечение для распознавания и идентификации типизированных объектов позволяет контролировать и оценивать состояние опасных производственных объектов. Специалисты в сфере промышленной безопасности за счет использования данного программного обеспечения не подвергаются риску причинения вреда здоровью. Время на исследование снижается в сравнении с классическим методом визуального осмотра зданий и сооружений. Снижается человеческий фактор при подготовке и формировании отчета о техническом состоянии опасного производственного объекта.

В рамках данной работы поставлена цель разработки программного обеспечения для распознавания типизированных объектов на фотоизображениях. В процессе разработки учитывались опыт ранее созданных программных продуктов, их преимущества и недостатки.

Программный продукт включает алгоритм, который идентифицирует типизированные объекты на фотоизображениях промышленных сооружений. Сбор данных, фотоизображений производится с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА). Такой подход выбран ввиду того, что он безопасен для специалиста. Одним из преимуществ является тот факт, что фотографии делаются под разным углом и на различном удалении от искомых объектов. При необходимости пользователь с помощью БПЛА производит фотографии вблизи объекта, что позволяет детальнее оценить состояние здания или сооружения. К особенностям фотографий, полученных с БПЛА, относят дефекты, под которыми понимаются блики и другие искажения изображения. На слишком ярких и затемненных изображениях программный продукт не всегда обеспечивает высокую точность идентификации объектов. Авторами выполнено опробование программного продукта на выборке из 100 изображений.

Для всех изображений из данной выборки определены значения яркости: минимальная, максимальная и средняя яркость. Значительный разброс данных значений указал на необходимость создания механизма гибкой и простой настройки программного обеспечения для идентификации типизированных объектов. Стоит отметить, что не на всех тестовых изображениях присутствовали искомые объекты, а на тех примерах, где находились объекты, определены значения средней яркости в конкретных областях (областях с типовыми объектами). Данные значения определялись ввиду того, что области объектов и сами объекты зачастую имеют следы коррозии, загрязнения и сторонний мусор. При этом на текущий момент в рамках данного исследования не ставится задача полной автоматизации оценки технического состояния типизированных объектов. Основное требование заключается в обнаружении данных объектов на фотоизображениях. Незначительные повреждения, т.е. те, что не оказывают влияния на функциональность работы типового объекта, не требуется обнаруживать, но стоит их учитывать при формировании библиотеки шаблонов. В случае крайне

незначительных повреждений, например, легкой коррозии на ветровых ограждениях (менее 20 % от размеров объекта), для корректной работы программного обеспечения достаточно снизить значение коэффициента совпадения. Фотографии зданий и сооружений производятся на разном удалении от камеры БПЛА, что приводит к невозможности распознавания типизированных объектов. Для решения данной проблемы в программном обеспечении интегрирован инструмент масштабирования исходного фотоизображения. Данное решение позволяет масштабировать исходную фотографию в заданных пользователем интервалах.

Метод сопоставления шаблонов является оптимальным ввиду того, что не требует дополнительного времени на обучение, которое затрачивается в решениях с нейросетями. При этом данное решение обеспечивает высокую степень точности обнаружения и распознавания типизированных объектов, более 80 % от всех объектов на одном изображении. Для расчета корреляции между исходным изображением и изображением шаблона типового объекта использовался метод «CCOEFF_NORMED», реализованный по ниже представленной формуле.

$$R(x, y) = \frac{\sum_{x', y'} (I'(x', y') \cdot I'(x + x', y + y'))}{\sqrt{\sum_{x', y'} T'(x', y')^2 \cdot \sum_{x', y'} I'(x + x', y + y')^2}},$$

где x, y – координаты пикселя на исходном изображении; x', y' – координаты пикселя на шаблоне объекта; I – обозначает изображение; T – шаблон объекта; R – результат.

Значение, полученное в результате работы данного метода, сопоставляется со значением коэффициента совпадения, которое задано пользователем. В случае превышения коэффициента совпадения принимается решение о выделении объекта на исходной фотографии. Все распознанные объекты отмечаются на изображениях, а в пользовательский интерфейс выводится их общее число. Данный процесс повторяется последовательно для каждого заданного масштаба.

В процессе тестирования выявлена проблема, связанная с невозможностью идентификации типизированных объектов при изменении положения исходного фотоизображения. Для того, чтобы устранить влияние данного фактора, необходимо формировать библиотеку шаблонов типизированных объектов под различным углом наклона. Также стоит отметить, что при незначительном искажении положения искомого объекта достаточно снизить значение коэффициента совпадения.

В заключение данной работы необходимо отметить, что авторами не обнаружен аналог программному обеспечению для поиска типизированных объектов. При сравнительном анализе с решением [5] для поиска типовых объектов отражается легкость и универсальность программного обеспечения, предложенного авторами. Данные качества проявляются при поиске различных групп объектов. Смена объектов заключается в смене папки с макетами. Данное решение имеет меньшие временные затраты в сравнении с обучением нейросети и прочими манипуляциями, которые необходимо производить в иных программных продуктах. При этом для формирования библиотеки шаблонов не требуется специально обученный специалист, достаточно базовых знаний сотрудника отдела промышленной безопасности. В перспективах развития данного продукта предполагается разработка автоматизированной системы для формирования библиотеки шаблонов и поиска дополнений (объектов, отличных от искомым) на фотоизображениях.

Список литературы

1. Narkevich M. Yu., Logunova O. S., Kalandarov P. I. [et al.]. Results of a pilot experiment on monitoring the condition of buildings and structures using unmanned aerial vehicles // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 2nd International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering 2021 (ICECAE 2021): article in the proceedings of the conference. Tashkent: IOP Science, 2021. Vol. 939. P. 12–30. doi: 10.1088/1755-1315/939/1/012030
2. Наркевич М. Ю., Корниенко В. Д., Полякова М. А. Визуальный контроль как основа для разработки автоматизированных систем дистанционного контроля и оценки качества зданий и сооружений на опасных

производственных объектах // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2021. № 5. С. 570–576. doi: 10.24412/2071-6168-2021-5-570-576

3. Cheng P., Anoop C., Rushi L. [et al.]. Searching by parts: Towards fine-grained image retrieval respecting species correlation // Gene Expression Patterns. 2023. Vol. 47. P. 119–304. doi: 10.1016/j.gep.2023.119304

4. Peimin Y., Shengbo Y., Qiuyu Z. [et al.]. Real-time detection and tracking of infrared small targets based on grid fast density peaks searching and improved KCF // Infrared Physics & Technology. 2022. Vol. 123. P. 104181. doi: 10.1016/j.infrared.2022.104181

5. Визильтер Ю. В., Горбацевич В. С., Вишняков Б. В. [и др.]. Поиск объектов на изображении с использованием морфлетных описаний // Компьютерная оптика. 2017. Т. 41, № 3. С. 406–411. doi: 10.18287/2412-6179-2017-41-3-406-411

Информация об авторах

Злыдарев Никита Витальевич, магистрант, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова.

Тюлюмов Александр Николаевич, магистрант, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.93

ЭВОЛЮЦИЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О ПОИСКЕ РАЗРУШЕНИЙ МЕЖПАНЕЛЬНЫХ ШВОВ ЗДАНИЯ

В. В. Кабанова¹, О. С. Логунова², М. Ю. Наркевич³

^{1, 2, 3} Магнитогорский государственный
технический университет им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия

¹ nika_homework@mail.ru

² logunova66@mail.ru

³ narkevich_mu@mail.ru

Аннотация. Представлено описание эволюции разработанных методов решения задачи поиска разрушений межпанельных швов здания на его изображении. Обозначены три эволюционных этапа. Первый этап базируется на алгоритме Хафа и представлении швов в виде прямоугольников, второй – на модели нейросети YOLOv8, третий – на алгоритме Хафа, методе свертки и представлении швов в виде линий. Приводятся пример обработки изображения с фасадом панельного здания, полученного с камеры квадрокоптера, а также преимущества и недостатки методов. Подчеркивается, что разработанные методы могут использоваться на этапе визуального обследования технического состояния зданий для повышения достоверности получаемой информации и при формировании отчетов об экспертном обследовании.

Ключевые слова: изображения зданий, межпанельный шов, разрушения швов, компьютерное зрение, преобразование Хафа, панельное здание, YOLOv8, беспилотный летательный аппарат

Финансирование: исследования выполняются по договору № 247715 от 05.07.2021 между ПАО «ММК» и ФГБОУ ВО «МГТУ им. Г. И. Носова» «Разработка и применение методик контроля территорий, зданий и сооружений ПАО «ММК» с использованием беспилотных воздушных судов (БВС)».

Для цитирования: Кабанова В. В., Логунова О. С., Наркевич М. Ю. Эволюция решения задачи о поиске разрушений межпанельных швов здания // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 51–55.

Введение

По данным Росстата, на конец 2023 г. в Российской Федерации общая площадь жилых панельных помещений составляла примерно 971 000 тыс. м² и уступала по площади только кирпичным помещениям. Панельное здание – многоэтажное строение, возведенное из готовых панелей. Главным преимуществом панельного здания является скорость возведения и ввода в эксплуатацию. Распространенным дефектом панельных зданий является разрушение швов из-за использования некачественного герметика, влияния окружающей среды и отсутствия технического обслуживания. Разрушение швов приводит к проникновению воды в помещение и образованию подтеков, плесени, утечкам тепла. Для того, чтобы избежать вышеописанных последствий, требуется проводить своевременный контроль за техническим состоянием зданий и сооружений.

Нормативной основой для контроля технического состояния зданий и сооружений является ГОСТ 31937–2024 «Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического

состояния». В соответствии с ГОСТ 31937–2024 на этапе визуального обследования определяется предварительное техническое состояние здания. Результатом визуального обследования являются фотографии с дефектами и схемы дефектов. Поскольку на вышеупомянутом этапе разрешено использовать оборудование с возможностью автоматизированного распознавания дефектов, вопрос разработки методов обнаружения дефектов на фасадах зданий для систем поддержки принятия решений является актуальным. Авторами статьи найдено и разработано несколько методов решения задачи о поиске разрушений межпанельных швов здания на изображении.

Целью данного исследования является эволюционное описание разработанных методов. В соответствии с целью поставлены следующие задачи:

- определить этапы эволюции решения задачи о поиске разрушений межпанельных швов здания путем последовательного описания разработанных методов;
- установить перспективы развития представленных методов решения задачи поиска разрушений межпанельных швов здания на изображении.

Эволюция методов решения задачи

Для обнаружения дефектов на объектах транспортной инфраструктуры, капитальных строениях и определения параметров дефектов используют базовые методы обработки изображений [1], нейронные сети семейства YOLO [1–4] и R-CNN [3].

В вышеперечисленных работах приводится описание методов для обнаружения дефектов на кирпичных зданиях, на бетоне и на дорожном покрытии. На 2022 г. публикации с описанием методики обнаружения разрушений межпанельных швов зданий на изображении с использованием компьютерного зрения в открытом доступе отсутствовали, поэтому требовался поиск решений данной задачи.

С 2022 г. по настоящее время авторами статьи найдены три решения задачи поиска разрушений межпанельных швов здания на изображении. Каждое решение представлено в виде программы на языке программирования Python. Основные используемые библиотеки – OpenCV, PySide6, ultralytics, NumPy.

Входными данными программ с методами № 1, 3 являются исходное изображение здания и значения набора параметров [5]. Программа с нейросетевым методом принимает на вход исходное изображение здания и порог уверенности для модели нейросети YOLOv8.

Геометрические размеры изображений из примеров составляют 5472 на 3648 точек, исходные изображения получены с камеры квадрокоптера DJI Mavic 2 Pro. Ниже представлен список найденных методов с кратким описанием и примерами обработок (рис. 1, 2):

1. Метод, базирующийся на преобразовании Хафа и представлении межпанельных швов и разрушений в виде набора прямоугольников.

На первом этапе выполняются обнаружение и распознавание межпанельных швов здания на изображении (табл. 1).

Таблица 1

Основные подэтапы метода № 1 для обнаружения швов

Название подэтапа	Описание
Предварительная обработка	Приведение изображения в градации серого, размытие по Гауссу, адаптивная пороговая бинаризация, морфологические операции
Поиск вертикальных и горизонтальных линий и их группировка	На бинарном изображении с помощью преобразования Хафа выполняется поиск линий, перебор линий и их группировка по координатам
Построение и объединение швов	Выполняется построение прямоугольников-швов для каждой группы линий и их объединение для исключения пересечений
Разделение прямоугольников-швов	Разделение прямоугольников-швов на части в соответствии с исключенными из обработки фрагментами изображения

В результате выполнения первого этапа формируется выходное изображение с найденными швами (см. рис. 1,а) и подсчитывается их площадь.

На втором этапе осуществляется поиск разрушений межпанельных швов здания на изображении. Сначала увеличивается контраст исходного изображения для выделения зон с разрушениями швов и применяются аналогичные алгоритмы предварительной обработки. На следующем подэтапе также выполняется поиск линий с помощью преобразования Хафа, при этом производится привязка каждой линии к ранее найденному прямоугольнику-шву, далее линии объединяются и строятся прямоугольники-разрушения. Аналогично выполняется разделение прямоугольников-разрушений на части в соответствии с исключенными из обработки фрагментами изображения. В заключение формируется выходное изображение с найденными прямоугольниками-разрушениями (см. рис. 1,б) и подсчитывается их площадь.

Выходными данными программы с методом № 1 являются два изображения (см. рис. 1) и процентная доля разрушений швов. Подробное описание данного метода содержится в статье [5]. В результате тестирования работы программы на 115 изображениях панельных зданий получено 98 % точности. Основным недостатком представленного метода является необходимость вручную исключать из обработки посторонние объекты на изображении. Для применения данного метода не требуется наличие набора изображений. Время обработки изображения на рис. 1 составляет 2,07 с без учета настройки параметров и обрезки изображения, процентная доля разрушений межпанельных швов равна 20,4 %.

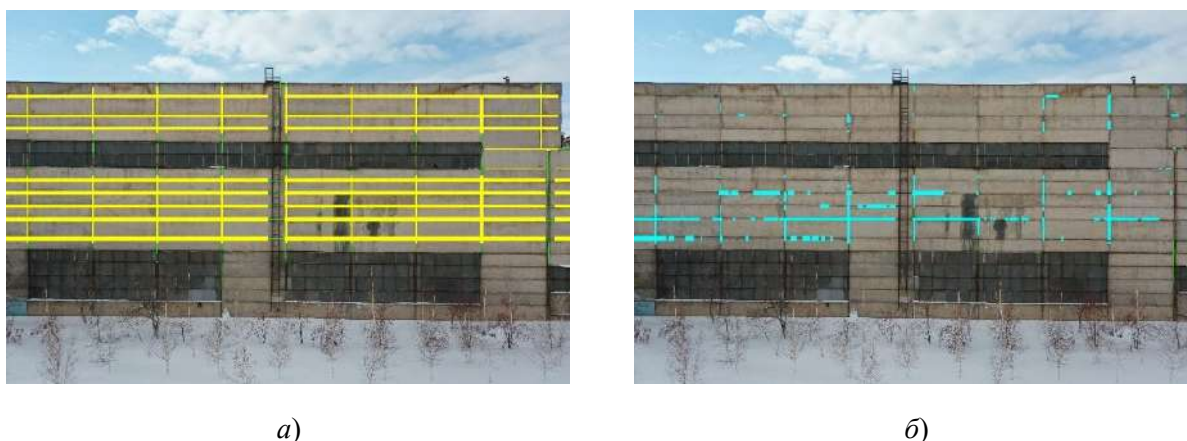


Рис. 1. Примеры изображений с межпанельными швами и разрушениями:
 а – изображение с выделенными прямоугольниками-швами;
 б – изображение с обнаруженными прямоугольниками-разрушениями

2. Двухэтапный нейросетевой метод.

Вторым решением задачи поиска разрушений на межпанельных швах здания является применение обученной модели нейросети архитектуры YOLOv8n для получения набора ограничительных рамок объектов. В данном методе каждый межпанельный шов и разрушение шва представляются также в виде прямоугольника. Для обучения модели нейросети была подготовлена выборка изображений, состоящая из 79 изображений с фрагментами панелей и фасадами панельных зданий, и определено 4 класса объектов – вертикальные швы, горизонтальные швы, вертикальные разрушения швов, горизонтальные разрушения швов. Изображения из выборки получены с камеры квадрокоптера DJI Mavic 2 Pro и имеют размер 5472 на 3648 точек. Обучение модели нейросети YOLOv8n проводилось на изображениях, имеющих размер 1280 на 1280 точек. При оценке точности обученная модель показала общее значение метрики mAP50, равное 0,6. Пример обработки представлен на рис. 2,а. В табл. 2 представлены основные этапы нейросетевого метода с учетом наличия уже обученной модели нейросети buildings_damage_model.pt.

Таблица 2

Основные этапы нейросетевого метода

Название этапа	Описание
Детекция объектов с помощью модели	Выполняется детекция объектов при указанном пороге уверенности и сохранение найденных ограничительных рамок
Объединение прямоугольников-швов	Для исключения пересечения прямоугольников выполняется объединение отдельно горизонтальных и вертикальных прямоугольников-швов (ограничительных рамок)
Изменение размеров разрушений под шов	Определяется принадлежность разрушения к конкретному шву, изменяются размеры разрушения под размеры шва
Объединение разрушений	Аналогично этапу «Объединение прямоугольников-швов»
Подсчет площади швов и разрушений	Подсчитываются площади объектов и вычисляется процентная доля разрушений межпанельных швов
Разметка швов и разрушений	На исходное изображение наносятся желтым цветом швы и красным цветом разрушения (см. рис. 2,а)

Стоит отметить, что на изображениях не из обучающей выборки, но похожих на них, модель нейросети визуально показывает результат хуже, чем метод № 1. Кроме того, для качественного обучения модели нейросети требуется свыше 1000 изображений, но не всегда существует возможность сформировать полноценный набор изображений для обучения. Также для обучения нейросети на изображениях с высокой степенью детализации объектов требуются вычислительные ресурсы, а изменение размеров изображения из выборки для обучения модели приводит к потере информации.

3. Метод, основанный на представлении межпанельных швов и разрушений в виде линий. Данный метод является улучшенной версией метода № 1.

Представление межпанельных швов здания в виде линейных объектов – вертикальных и горизонтальных линий, а не в виде прямоугольников, позволило определить положение панелей здания на изображении и указать, между какими панелями расположены разрушения швов. Также добавлена цветовая градация найденных разрушений швов по длине в пикселях. В результате обработки изображения формируются три отчета. В отчетах содержится информация о вертикальных и горизонтальных разрушениях швов: тип разрушения, длина в пикселях, степень разрушения в соответствии с градацией, позиция разрушения относительно панелей. В конце отчетов приводятся общая протяженность разрушений, количество разрушений каждой степени. Общая протяженность всех разрушений и швов, процентная доля разрушений содержатся в итоговом отчете. На выходное изображение (см. рис. 2,б) наносятся найденные панели здания с номером, межпанельные швы в виде линий и разрушения с идентификаторами.



а)



б)

Рис. 2. Примеры изображений с межпанельными швами и разрушениями:

а – изображение с выделенными межпанельными швами и разрушениями;

б – изображение с найденными панелями, швами и разрушениями

Основные используемые алгоритмы: пороговая обработка, идентификация линий методом свертки, алгоритм Хафа, поиск контуров, группировка линий, морфологические операции, арифметические операции над изображением. Подробное описание данного метода будет представлено в последующих публикациях авторов.

Заключение

Представленные в работе решения позволяют выполнять обнаружение разрушений швов на изображениях с фасадами зданий и фрагментами панелей. Выбор метода зависит от количества исходных изображений, размеров изображений, вычислительных и временных ресурсов. Для определения зон с аварийным состоянием межпанельных швов здания на изображении необходимо доработать метод № 3. Представленные методы разработаны для использования в интеллектуальных системах поддержки принятия решений при оценке технического состояния зданий и сооружений.

Список литературы

1. Qi Y., Ding Z., Luo Y., Ma Z. A Three-Step Computer Vision-Based Framework for Concrete Crack Detection and Dimensions Identification // Buildings. 2024. Vol. 14, № 8. P. 2360. doi: org/10.3390/buildings14082360
2. Chen X., Wang C., Liu C. [et al.]. Autonomous Crack Detection for Mountainous Roads Using UAV Inspection System // Sensors. 2024. Vol. 24, № 14. P. 4751. doi: org/10.3390/s24144751
3. Chen X., Liu C., Chen L. [et al.]. A Pavement Crack Detection and Evaluation Framework for a UAV Inspection System Based on Deep Learning // Applied Sciences. 2024. Vol. 14, № 3. P. 1157. doi: org/10.3390/app14031157
4. Chen Y., Wu W., Li J. [et al.]. Adaptive Attention-Enhanced Yolo for Wall Crack Detection // Applied Sciences. 2024. Vol. 14, № 17. P. 7478. doi: org/10.3390/app14177478
5. Кабанова В. В. [и др.] Программное обеспечение для автоматизированного обнаружения и оценки разрушений соединительных швов зданий // Программные продукты и системы. 2023. № 3. С. 474–485. doi: 10.15827/0236-235X.143.474-485

Информация об авторах

Кабанова Вероника Валерьевна, магистрант, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова.

Логунова Оксана Сергеевна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Вычислительная техника и программирование», Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова.

Наркевич Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Проектирование зданий и строительных конструкций», Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 658.512.011.56

ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ: ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ АНАЛИЗА И ОБРАБОТКИ ТЕКСТОВ СТАНДАРТОВ ФГОС В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ

Н. С. Карамышева¹, Э. Я. Юмаева²

^{1, 2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ karamyshevans@yandex.ru

² yumaeva2001@mail.ru

Аннотация. В целях исследования возможностей интеграции искусственного интеллекта в образовательные процессы высших учебных заведений проанализировано использование платформы Sber Salutebot для автоматизации анализа текстов стандартов ФГОС. Использование искусственного интеллекта позволяет облегчить работу преподавателей, сокращает время на подготовку учебных материалов и повышает точность интерпретации требований стандартов. Однако внедрение таких технологий требует соответствующей технической инфраструктуры и подготовки персонала. Применение платформы Sber Salutebot может стать важным шагом в эволюции образовательного процесса в условиях цифровизации.

Ключевые слова: искусственный интеллект, образовательные процессы, высшее образование, Sber Salutebot, анализ текстов, стандарты ФГОС, цифровизация

Для цитирования: Карамышева Н. С., Юмаева Э. Я. Интеграция искусственного интеллекта в образовательные процессы: обучения для анализа и обработки текстов стандартов ФГОС в образовательных системах // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 56–61.

Введение

В этой статье рассматривается применение искусственного интеллекта для формирования названий учебных предметов для программ высшего образования на основе федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС). Сфокусируемся на использовании платформы Sber Salutebot, в которой есть возможность загрузить документы, на основе которых будет выдаваться ответ пользователю. С помощью искусственного интеллекта (ИИ) проанализируем текст ФГОС и попытаемся с его помощью сформировать названия учебных предметов для различных специальностей, основываясь на требуемых компетенциях. Такой подход не только упростит процесс разработки образовательных материалов, но и обеспечивает их соответствие современным стандартам и требованиям рынка труда.

Традиционные методы формирования учебных планов и дисциплин зачастую требуют значительного времени, в то время как применение ИИ, в частности платформы Sber Salutebot, представляет собой эффективное решение для анализа образовательных стандартов. Использование ИИ позволяет сократить время разработки учебных материалов и повысить их точность. Данная система создает возможность быстрого обновления и корректировки учебных планов в соответствии с изменяющимися стандартами и ожиданиями работодателей, делая образовательные программы ориентированными на практическую значимость.

Практическая часть исследования будет направлена на реализацию системы на базе платформы Sber Salutebot, которая с использованием технологий обработки естественного языка (NLP) сможет обрабатывать тексты стандартов и предлагать названия дисциплин.

Анализ текста

В качестве основного материала для рассмотрения в статье нами был выбран федеральный государственный образовательный стандарт (ФГОС) 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника»¹. Этот стандарт определяет требования к подготовке специалистов в области информационных технологий и вычислительных систем, акцентируя внимание на формировании ключевых компетенций, необходимых для успешной профессиональной деятельности.

В результате освоения программы бакалавриата у выпускника должны быть сформированы компетенции, установленные программой бакалавриата. ФГОС охватывает три основные группы компетенций: общекультурные, общепрофессиональные и профессиональные, которые являются основой для разработки учебных программ и формирования названий учебных предметов. Все компетенции можно найти в пункте «III. Требования к результатам освоения».

Программа бакалавриата должна устанавливать общепрофессиональные компетенции, вот несколько из них:

- ОПК-1. Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности;
- ОПК-2. Способен использовать современные информационные технологии и программные средства, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности;
- ОПК-3. Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;
- ОПК-4. Способен участвовать в разработке стандартов, норм и правил, а также технической документации, связанной с профессиональной деятельностью;
- ОПК-5. Способен устанавливать программное и аппаратное обеспечение для информационных и автоматизированных систем.

Программа бакалавриата должна устанавливать следующие универсальные компетенции (табл. 1).

Профессиональные компетенции определяются Организацией самостоятельно на основе профессиональных стандартов², соответствующих профессиональной деятельности выпускников (при наличии).

В структуре образовательного процесса каждая компетенция сопровождается индикаторами ее достижения, которые отражают знания, навыки и умения, которыми должен обладать выпускник. Эти индикаторы играют ключевую роль при определении содержания учебных дисциплин: именно на их основе формируется название курса и определяется учебный план. Такой подход позволяет точно настраивать программу на требования ФГОС, обеспечивая соответствие между учебной подготовкой и профессиональными стандартами.

Например, для компетенции УК-1 индикатором достижения может служить навык «Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие». Данный индикатор можно реализовать через изучение дисциплин, таких как философия и математика, а также через различные виды практик:

¹ Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 09.03.01 Информатика и вычислительная техника (уровень бакалавриата) (дата публикации: 17.07.2024). URL: <https://fgos.ru> (дата обращения: 30.10.2024).

² Профессиональный стандарт «Программист». URL: <https://classinform.ru> (дата обращения: 30.10.2024).

учебную (ознакомительную), учебную (эксплуатационную), производственную (технологическую), производственную (эксплуатационную) и производственную (проектно-технологическую). Эти дисциплины и практики развивают аналитическое мышление и позволяют студентам осваивать способы структурирования информации, что помогает в достижении компетенции.

Таблица 1

Универсальные компетенции

Наименование категории (группы) универсальных компетенций	Код и наименование универсальной компетенции выпускника
Системное и критическое мышление	УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
Разработка и реализация проектов	УК-2. Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
Командная работа и лидерство	УК-3. Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
Коммуникация	УК-4. Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
Межкультурное взаимодействие	УК-5. Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
Самоорганизация и саморазвитие (в том числе здоровьесбережение)	УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни УК-7. Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
Безопасность жизнедеятельности	УК-8. Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций

Для эффективного обучения нейросети требуется не только включение текстов стандартов ФГОС, но и индикаторов для каждой компетенции, поскольку они не указаны в самом ФГОС. Эти индикаторы позволят более точно определять наименования и содержание дисциплин. Чтобы нейросеть могла генерировать рекомендации, соответствующие требованиям образовательных программ, важно дополнить ее обучение актуальными названиями дисциплин.

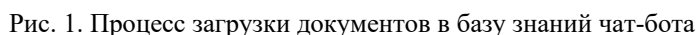
Для реализации бота была выбрана платформа Sber Salutebot благодаря ее широким возможностям, позволяющим настраивать и адаптировать решение под различные задачи. К основным преимуществам Salutebot относятся: обработка неограниченного количества запросов; генерация аналитических рекомендаций по рабочим сценариям; продвинутое распознавание текста для поддержки обработки естественного языка (NLP); возможности тестирования перед запуском.

Эти функции делают Salutebot эффективным инструментом для реализации образовательного ассистента. На начальном экране платформы Sber Salutebot создается новый проект. Пользователь имеет возможность выбрать шаблон или начать с пустого проекта, что позволяет настроить бота с нуля в соответствии с конкретными задачами.

На следующем этапе даем название проекту и выбираем платформу, на которой бот будет доступен пользователям, в данном случае – Telegram.

После настройки проекта переходим к созданию сценария, где можно добавить шаги диалога, настроить обработку текста и реакции бота. Этот инструмент позволяет детально проработать

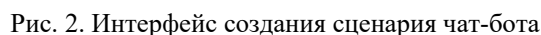
На рис. 1 представлена вкладка Документы в Sber Salutebot. Загружаем файлы в формате PDF, и на базе загруженной информации формируется уникальная «база данных», позволяющая ускорить процесс создания персонализированного бота, способного обрабатывать до 85 % обращений пользователей. Технология RAG позволяет находить релевантный запросу пользователя фрагмент в загруженных документах, а бот уточняет запрос и адаптирует информацию из базы в удобный для восприятия формат.



Вы можете создать сценарий чат-бота с помощью одного из инструментов:

- Для реализации бота был выбран первый вариант. Graph – это проект для разработки чат-бота в визуальном конструкторе Graph. Проект создавался самостоятельно, и разрабатывалась сценарная логика. Salutebot предлагает удобный интерфейс, что делает процесс интуитивно понятным и наглядным.

На рис. 2 представлен интерфейс платформы для создания сценария чат-бота в виде графов. Данный инструмент позволяет пользователям визуальнo проектировать сценарий, добавляя различные этапы диалога и условия для обработки запросов. Сценарий – это логика, согласно которой чат-бот общается с пользователями, например, что должен ответить чат-бот на вопрос пользователя о компетенциях. В интерфейсе также присутствует кнопка тестирования, позволяющая проверять сценарии в реальном времени.



После того как мы составили граф и убедились в его правильной реализации, мы приступаем к тестированию чат-бота на платформе Telegram.

На рис. 3 представлены скриншоты переписки с чат-ботом в Telegram. При тестировании пользователи взаимодействуют с ботом, вводят запросы и получают ответы на основе загруженных в базу данных документов и ИИ. Ясно формулируйте запрос, избегайте двусмысленности или неоднозначности. Используйте точные слова, чтобы четко выразить свои намерения и ожидания. Это поможет ИИ лучше понять запрос и предоставить более релевантные ответы. Если запрос будет неясным или неправильно сформулированным, бот не сможет его распознать и ответить.

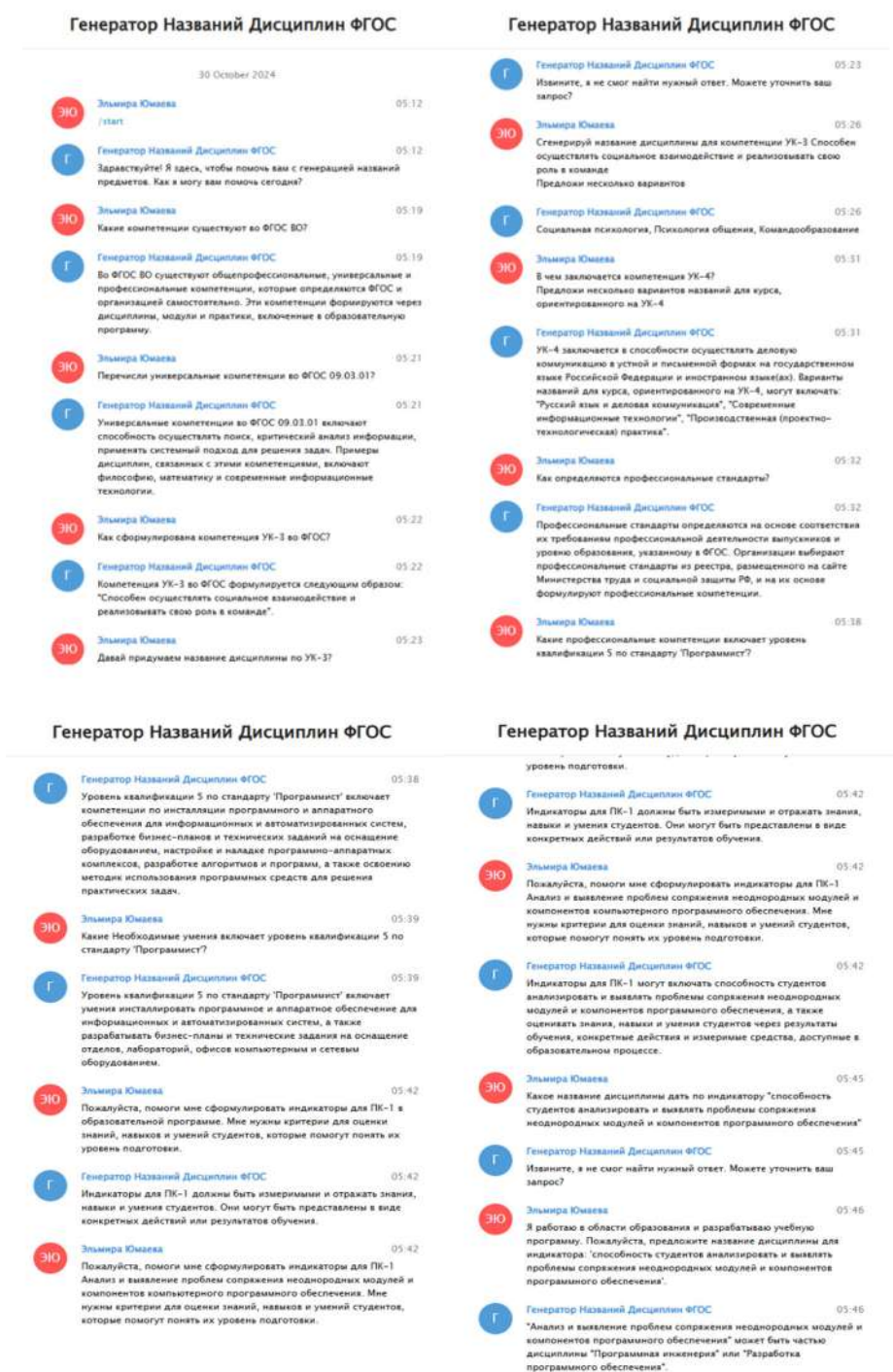


Рис. 3. Тестирование чат-бота в Telegram

Заключение

Интеграция искусственного интеллекта в образовательный процесс создает новые возможности и вызовы для повышения качества и эффективности обучения [1]. Внедрение платформы Sber Salutebot для анализа текстов стандартов ФГОС демонстрирует, как искусственный интеллект может помочь преподавателям в их работе, значительно сократить время на подготовку учебных материалов и повысить точность составленного учебного плана. Однако успешная интеграция подобных технологий требует создания соответствующей технической инфраструктуры и подготовки персонала, что может представлять собой сложности. Тем не менее использование ИИ и Sber Salutebot может стать важным шагом развития образовательного процесса, способствуя его цифровизации и адаптации к современным требованиям.

Список литературы

1. Семенов А. Л. Технологии искусственного интеллекта в образовании // Образовательные технологии и общество. 2022. Т. 25, № 2. С. 43–54.

Информация об авторах

Карамышева Надежда Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Вычислительная техника», Пензенский государственный университет.

Юмаева Эльмира Яткяровна, студентка, Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.896

ВЛИЯНИЕ DROPOUT РЕГУЛЯРИЗАЦИИ ГЛУБОКОЙ СЕТИ НА СХОДИМОСТЬ И УСТОЙЧИВОСТЬ АЛГОРИТМА ГРАДИЕНТА СТРАТЕГИИ ADVANTAGE ACTOR CRITIC (A2C)

В. В. Кашко¹, С. А. Олейникова²

^{1, 2} Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

¹ vasya.kashko@mail.ru

² s.a.oleynikova@gmail.com

Аннотация. Поднимается вопрос влияния dropout регуляризации на качество функционирования глубокого алгоритма градиента стратегии «исполнитель – критик» на примере метода Advantage Actor Critic (A2C). Рассматривается архитектура с общими глубокими слоями для соответствующих нейронных сетей исполнителя и критика. Результаты получены для случаев с двумя и тремя скрытыми слоями в различных комбинациях применения dropout регуляризации.

Ключевые слова: глубокое обучение с подкреплением, переобучение, dropout регуляризация, метод «исполнитель – критик», A2C

Для цитирования: Кашко В. В., Олейникова С. А. Влияние dropout регуляризации глубокой сети на сходимость и устойчивость алгоритма градиента стратегии Advantage Actor Critic (A2C) // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 62–65.

Метод «исполнитель – критик» представляет собой алгоритм обучения с подкреплением из семейства методов градиента стратегии, в основе которого лежат исполнитель – функционал, принимающий решение о выборе того или иного действия в зависимости от текущего состояния окружающей среды, и критик, предоставляющий целевую ценность соответствующего состояния [1–3]. В процессе их взаимодействия критик выступает в качестве эталонного значения, предназначенного для ускорения обучения исполнителя. Алгоритм Advantage Actor Critic (A2C) использует ценность состояния, сгенерированную критиком для получения преимущества, на основании полученного агентом в конкретный момент дохода по следующей формуле:

$$A_t = G_t - V_w(S_t),$$

где A_t – преимущество; G_t – доход, полученный агентом в момент времени t ; $V_w(S_t)$ – ценность состояния в момент времени t .

Далее рассчитанная величина используется для корректировки весовых коэффициентов. Подробнее с алгоритмом A2C можно ознакомиться в [1–3]. В рамках данной работы для аппроксимации исполнителя и критика используется аппарат нейронных сетей. Стоит отметить, что к глубоким сетям относятся сети с одним и более скрытыми слоями [4, 5].

При возрастании количества слоев и нейронов в них выразительная способность увеличивается, что без принятия определенных мер приводит к переобучению [4, 5]. Существует несколько

способов предотвращения данного эффекта. Первый – остановка обучения в определенный момент. Другой – метод dropout, который заключается в случайном отключении определенных нейронов слоя в некотором заранее заданном количестве [4, 5]. Исходя из специфики алгоритмов обучения с подкреплением [1–3], которые непрерывно адаптируются к условиям среды, остановка обновления весов в определенный момент невозможна, поскольку это приведет к ошибкам предсказания и дестабилизации метода из-за отсутствия адаптации к постоянно изменяющимся условиям. Применение dropout регуляризации позволяет снизить выразительную способность нейронной сети путем отключения ее секторов и сведения к совокупности более мелких сетей, причем данная операция не зависит от конкретного момента времени и может выполняться непрерывно, что и требуется в ГАОП.

В качестве объекта исследования рассматривается алгоритм Advantage Actor Critic. Поскольку стабильность функционирования агента напрямую зависит от способности нейросети правильно предсказывать выбор действия, то вопрос повышения надежности аппроксиматора является актуальной проблемой. Целью данной работы является рассмотрение влияния dropout регуляризации, примененной в разных комбинациях к скрытым слоям глубокой сети «исполнитель – критик», на устойчивость и сходимость глубокого алгоритма обучения с подкреплением A2C. В результате был проведен цикл экспериментов, при котором выявлены эффекты от применения данного метода регуляризации. В качестве среды взаимодействия использовалась OpenAI gym CartPole-v0 для решения задачи о перевернутом маятнике [1–3]. Эпизод завершается в случае падения, а при достижении горизонта из 200 шагов считается, что агент достиг целевого состояния. За каждый шаг агент получает вознаграждение, равное 1.

В рамках данного исследования рассматривался алгоритм A2C со следующими параметрами: два скрытых слоя 128 и 64 нейрона, коэффициент обесценивания 0.9, функция активации каждого слоя – relu; три скрытых слоя 128, 64 и 32 нейрона, коэффициент обесценивания 0.9, функция активации каждого слоя – relu. Для чистоты эксперимента использовалось распределение дохода за эпизод для случая с одним скрытым слоем (128 нейронов) в качестве отправной точки, демонстрирующей изменение качества алгоритма при увеличении количества скрытых слоев. На начальном этапе был проведен ряд экспериментов, связанных с подбором коэффициентов скорости обучения для каждого из тестовых стендов, при которых алгоритм относительно стабильно достигает максимального вознаграждения за эпизод. Все результаты получены при количестве эпизодов, равном 1000. Графики распределений суммарного дохода при подборе коэффициента скорости обучения для случаев однослойной, двухслойной и трехслойной сетей, выбранные в качестве эталонов, представлены на рис. 1.

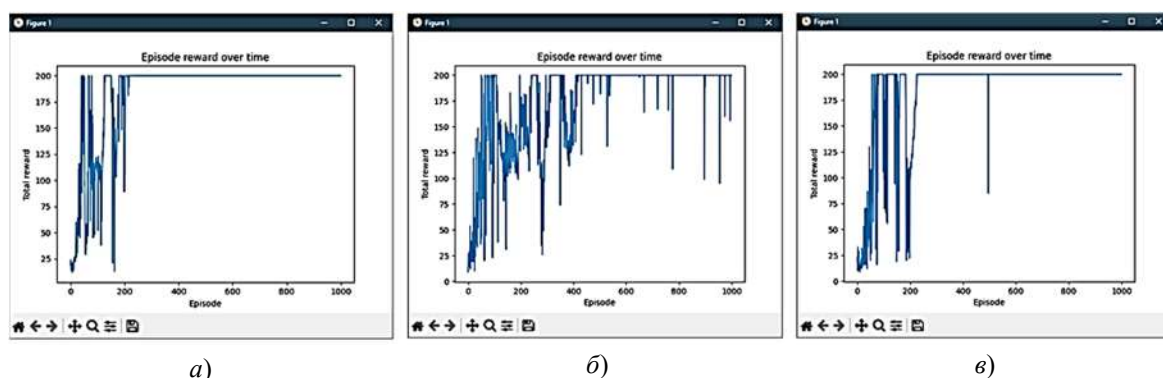


Рис. 1. Эталонные распределения суммарного дохода за эпизод:
а – однослойная сеть с коэффициентом скорости обучения 0,003;
б – двухслойная сеть с коэффициентом скорости обучения 0,003;
в – трехслойная сеть с коэффициентом скорости обучения 0,007

В результате были выбраны следующие значения скорости обучения: в случае двухслойной сети – 0,003; для случая трехслойной – 0,007, поскольку при данных значения график распределения дохода за эпизод наиболее стабилен и быстрее остальных случаев достигает максимума. При применении регуляризации предлагается установить параметр вероятности в диапазоне от 0,2 до 0,5 [2, 3]. Для проведения экспериментов были использованы граничные значения – 0,2 и 0,5. Графики распределения суммарного дохода за эпизод для наиболее удачных случаев применения dropout регуляризации к двухслойной и трехслойной сети представлены на рис. 2.

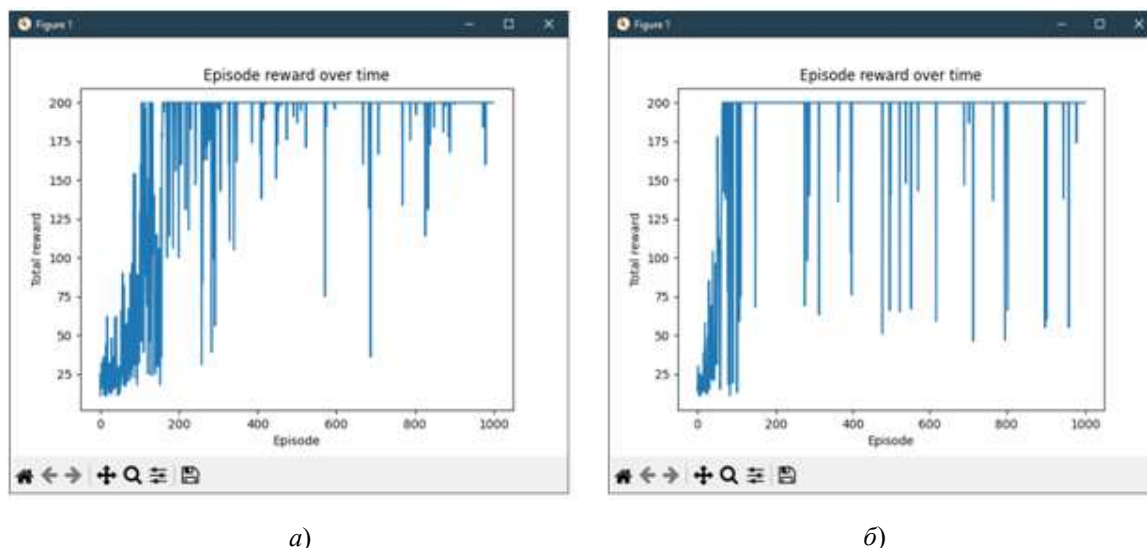


Рис. 2. Результаты применения регуляризации к слоям нейронных сетей:
 а – двухслойная сеть со значением вероятности 0,5, применительно ко всем слоям;
 б – трехслойная сеть со значением вероятности 0,2, применительно ко всем слоям

Стоит отметить, что качество работы алгоритма на конкретной задаче заметно снижается при увеличении количества скрытых слоев в сети «исполнитель – критик» (см. рис. 1). При определении оказываемого влияния dropout на функционирование алгоритма полученные результаты (см. рис. 2) сравнивались с выбранными эталонами (см. рис. 1). Для двухслойной сети применение регуляризации с вероятностью 0,5 к первому скрытому слою привело к увеличению скорости сходимости алгоритма, но снизило качество предсказания. Применение той же функции dropout ко всей сети продемонстрировало те же результаты. Использование регуляризации с вероятностью 0,2, по сравнению с предыдущим примером, привело к снижению показателей скорости и качества алгоритма. Случай трехслойной сети при применении функции dropout с вероятностью 0,5 только к первому слою показал снижение качества по сравнению с эталонным графиком распределения. Применение к двум первым и ко всем трем слоям с той же вероятностью демонстрирует еще большее ухудшение работы алгоритма A2C. Однако при применении регуляризации со значением 0,2 он быстрее обучается, но при этом качество работы ниже, по сравнению с эталоном.

Из экспериментальных данных следует, что показатели алгоритмов согласно метрике распределения суммарного дохода за эпизод без применения регуляризации показывают лучшие результаты по сравнению с применением функции dropout. В отличие от обучения с учителем обучение с подкреплением производит корректировку весов непрерывно. Из этого следует, что при возникновении изменений в данных алгоритм моментально пытается подстроиться, при этом возникает эффект «сброса», при котором, предположительно, не возникает переобучения, свойственного обучению с учителем. При достижении устойчивой конфигурации величина корректировки устремлена к нулевому значению, в результате чего алгоритм переходит в состояние использования до тех пор, пока не появятся ранее неизвестные изменения среды.

Список литературы

1. Саттон Р. С., Барто Э. Дж. Обучение с подкреплением. Введение: пер. с англ. 2-е изд. М. : ДМК Пресс, 2020. 552 с.
2. Лонца А. Алгоритмы обучения с подкреплением на Python / пер. с англ. А. А. Слинкина. М. : ДМК Пресс, 2020. 286 с.
3. Лю Ю. Обучение с подкреплением на PyTorch: сб. рецептов / пер. с англ. А. А. Слинкина. М. : ДМК Пресс, 2020. 282 с.
4. Траск Э. Грожаем глубокое обучение : учеб. пособие. СПб. : Питер, 2021. 352 с.
5. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс: пер. с англ. 2-е изд. М. : Вильямс, 2006. 1104 с.

Информация об авторах

Кашко Василий Васильевич, аспирант, Воронежский государственный технический университет.

Олейникова Светлана Александровна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Автоматизированные и вычислительные системы», Воронежский государственный технический университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.891.3

ЛИЧНЫЕ НЕЙРОКОНСУЛЬТАНТЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ

Е. А. Копылов¹, Е. А. Дзюба²

^{1,2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ egorkopylov@me.com

² dzyba@pnzgu.ru

Аннотация. В течение последних пяти-семи лет большие языковые модели (далее – модели) стали основой многих систем обработки естественного языка благодаря своей производительности и легкой адаптации к различным задачам. Модели представляют собой огромные нейронные сети с миллионами или миллиардами параметров, которые учатся представлять язык, предсказывая слова по их контексту. Обучаясь на больших объемах текстов и делая такие предсказания слов миллиарды раз, они учатся улавливать тонкую статистическую информацию о языке. Эти характеристики оказались полезными для построения нейроконсультантов на основе заданного контекста и баз знаний.

Ключевые слова: большая языковая модель, нейросети, RAG, база знаний, консультант

Для цитирования: Копылов Е. А., Дзюба Е. А. Личные нейроконсультанты с применением больших языковых моделей // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 66–72.

Консультанты разработали экспертные знания и компетентность в различных областях, таких как общий и стратегический менеджмент, финансовый менеджмент, маркетинг и управление дистрибуцией, электронный бизнес. Информационные технологии как дисциплина за последние три десятилетия стремительно развивалась благодаря парадигмам разработки программного обеспечения и развитию технологий искусственного интеллекта и машинного обучения. Пространство технологий искусственного интеллекта и машинного обучения стремительно развивается, оказывая влияние на способы получения информации, принятия решений, организационные модели и организационные модели и структуры [1].

Личный нейроконсультант – это большая языковая модель (далее – модель), которая запускается на устройстве пользователя и не имеет доступа в интернет.

Большая языковая модель (LLM) – это огромные нейронные сети с миллионами или миллиардами параметров, которые учатся представлять язык, предсказывая слова на основе их контекста. Обучаясь на больших объемах текстов и делая такие предсказания слов миллиарды раз, LLM учатся улавливать тонкую статистическую информацию о языке [2].

Из этого – следующие плюсы:

- все чаты приватны и хранятся только на устройстве клиента;
- из Интернета нет доступа к важным данным;
- широкая аппаратная поддержка запускаемых устройств;
- большие объемы открытых моделей, из которых можно выбрать наиболее подходящую для конкретного пользователя.

Более того, благодаря технологии RAG (Retrieval Augmented Generation) модель совмещается с Базой знаний.

RAG дополняет знания LLMs за счет извлечения релевантного контекста из внешнего источника знаний. Этот контекст предоставляется вместе с исходной инструкцией для предоставления новой информации модели в процессе генерации. Этот метод может предоставить словарный запас для конкретной предметной области и факты, необходимые для специализированных задач [3]. Схема работы RAG изображена на рис. 1.

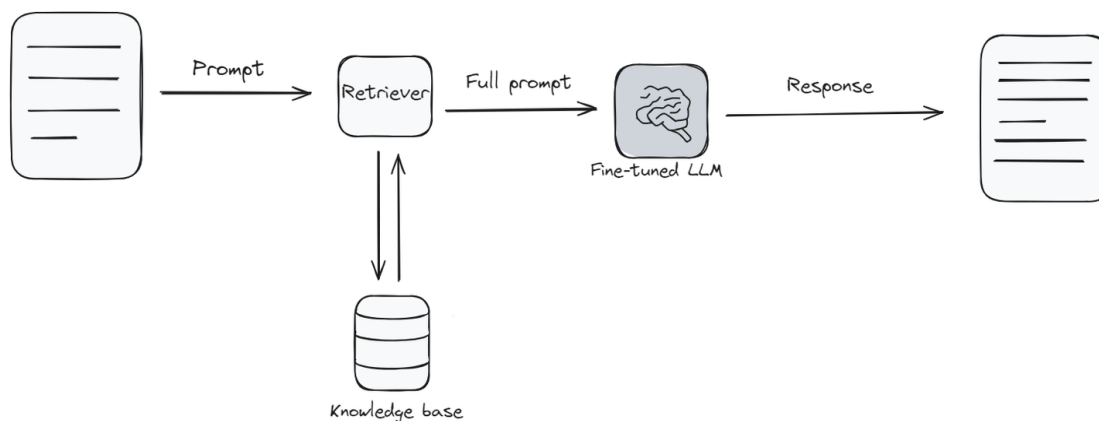


Рис. 1. Устройство технологии RAG

Наиболее вероятное применение нейроконсультантов, за исключением развлекательных целей, – если не полная замена менеджеров поддержки на сайтах, то их существенное сокращение.

Приложение MLC-Chat является удобным приложением для запуска локальных нейросетей. Интерфейс приложения приведен на рис. 2.

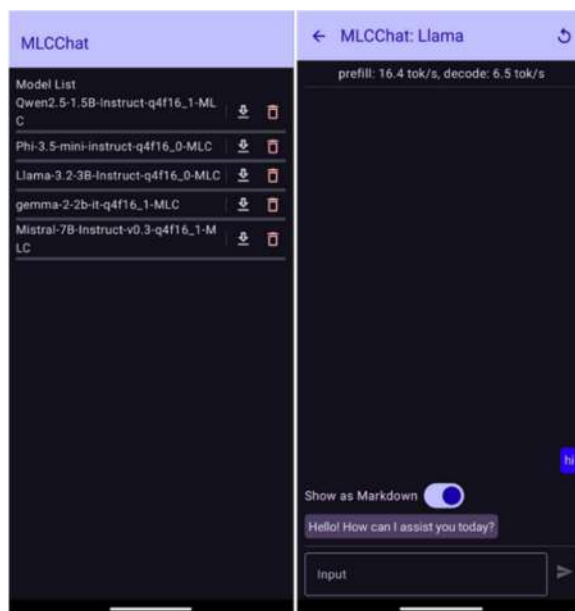


Рис. 2. Интерфейс приложения MLC-Chat

Главный плюс данного приложения – быстрый старт для любого типа пользователей (достаточно загрузить выбранную модель и начать чат), а также наличие начального списка поддерживаемых моделей.

Недостатками же являются устаревший дизайн, отсутствие поддержки загрузки документов для формирования баз знаний, а также узкий список поддерживаемых моделей.

Приложение Gemini является отличным примером личного нейроконсультанта, потому что оно плотно интегрировано в операционную систему Android. Интерфейс приложения приведен на рис. 3.

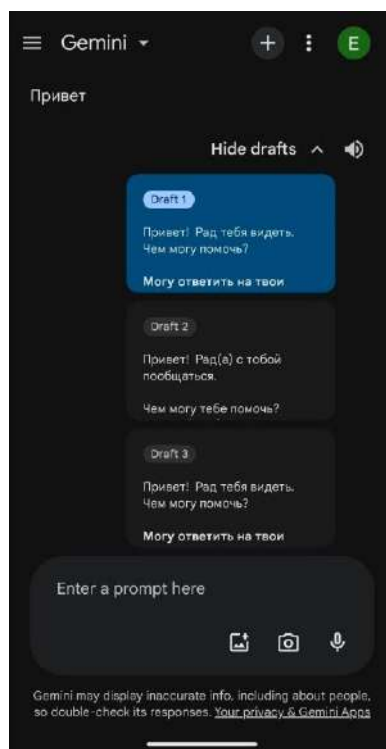


Рис. 3. Интерфейс приложения Gemini

Главный плюс приложения, кроме тесной интеграции, – возможность выбирать из трех сгенерированных вариантов лучший, более того, возможно создание картинок по запросу. На телефоне Google Pixel 9 – заводская поддержка локальной Gemini-nano.

Минусом же считается невозможность пользоваться из России и отсутствие локальных моделей для всех телефонов, кроме Google Pixel 9.

Приложение GPT4ALL является популярным клиентом для запуска моделей. Интерфейс приложения приведен на рис. 4, 5.

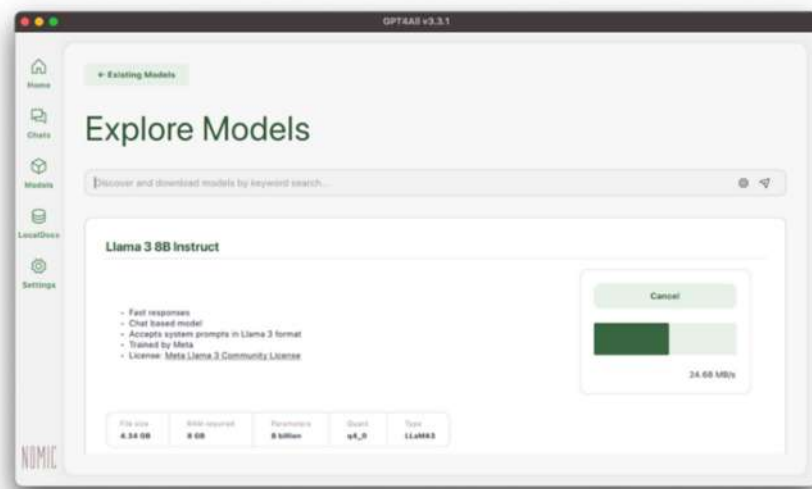


Рис. 4. Интерфейс приложения GPT4ALL

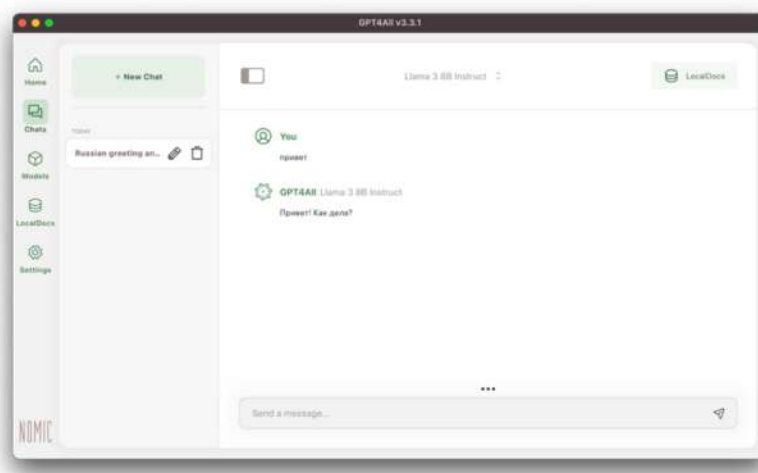


Рис. 5. Приложение GPT4ALL

Среди достоинств этого приложения можно выделить следующие: пользователь заранее знает, сколько модель будет занимать в оперативной памяти, что существенно упрощает поиск подходящей нейросети; существует возможность загрузить коллекцию документов для создания Базы знаний.

Недостатком этого приложения является отсутствие мобильного приложения.

Мобильное приложение Ollama. Классическим приложением для клиента локальной модели является «Ollama», интерфейс которого представлен на рис. 6.

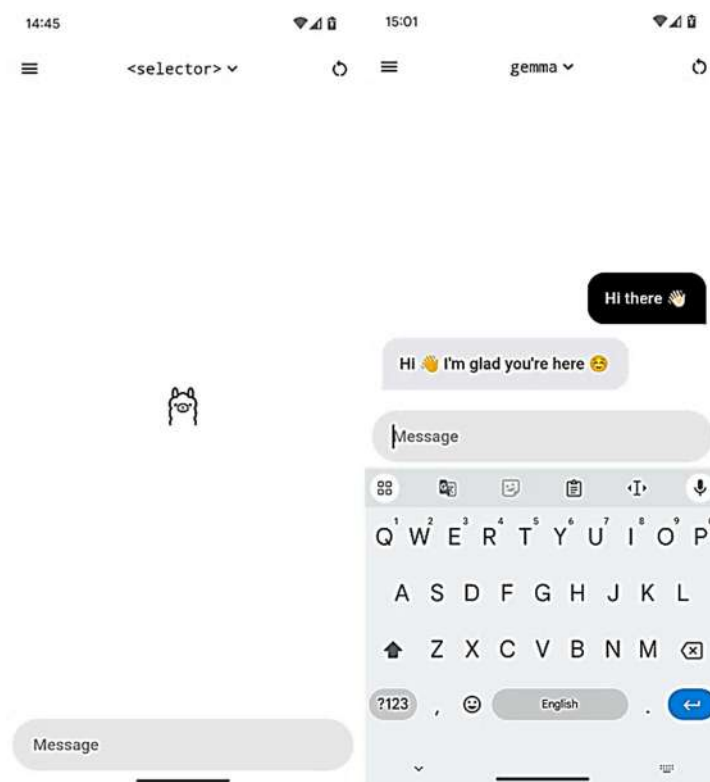


Рис. 6. Интерфейс приложения Ollama

Главным достоинством приложения являются современный интерфейс, актуальный язык Dart, наличие клиентов под все популярные операционные системы, удобный API для взаимодействия с сервером.

Основным недостатком является то, что нет поддержки запуска Ollama сервера, что существенно сокращает удобство для пользователей.

Проведем сравнительный анализ рассмотренных выше программных средств, таких как MLC-Chat, Gemini, GPT4ALL, Ollama, по ключевым функциям.

Для оценки приложений будет использоваться трехбалльная шкала соответствия. В табл. 1 представлены характеристики оценки.

Таблица 1

Шкала баллов

Балл	Характеристика оценки
0	Функция (качество) полностью отсутствует
1	Существует частичная реализация функции (качества)
2	Функция (качество) полностью реализована

Результаты сравнения программных средств (личный нейроассистент) представлены на диаграмме, приведенной на рис. 7.

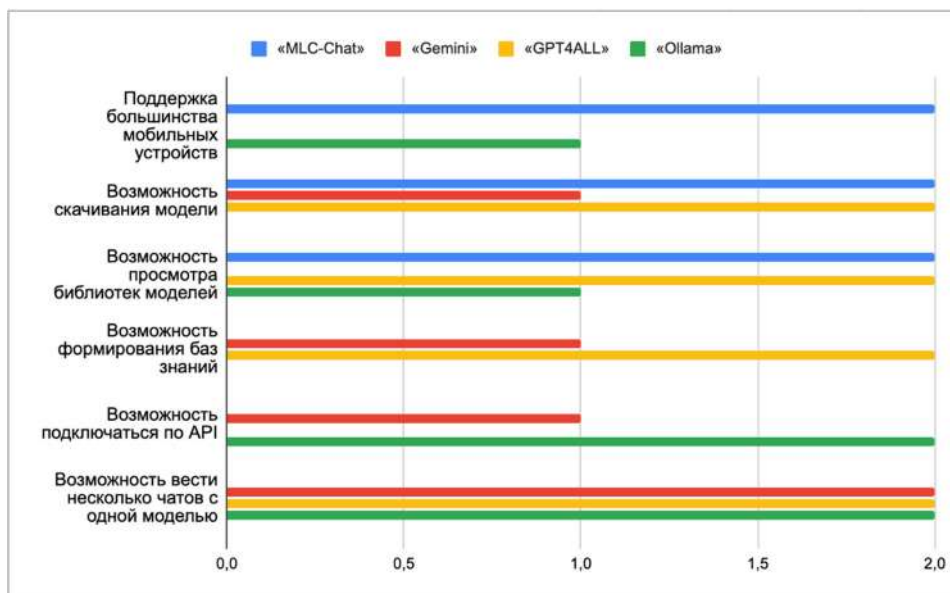


Рис. 7. Результаты сравнения приложений-аналогов

Подводя итог обзора программных средств (личный нейроконсультант), можно сделать вывод, что ни одно из рассмотренных решений не соответствует объявленным критериям в полном объеме. Среди всех продуктов-аналогов GPT4ALL выделяется большим количеством реализованных функций, однако не имеет мобильного приложения, а также не предоставляет для сторонних разработчиков удобный API, позволяющий взаимодействовать с приложением.

В результате данного обзора было принято решение разработать собственное программное средство. В новое программное средство (личный нейроконсультант) будут включены функции скачивания нейросети локально, просмотра ограничений по оперативной памяти, добавления файлов для формирования Базы знаний и лучшего понимания контекста, а также поддержка большинства смартфонов.

В процессе анализа задачи на разработку программных средств (личный нейроконсультант) были выделены следующие функциональные требования:

- выбор и запуск модели;
- отправка и получение сообщений;
- загрузка файлов для формирования базы знаний;
- изменение шаблона ответов и запросов;
- изменение учитываемой длины контекста;
- изменение температуры ответов;
- генерация ответа от выбранной модели;
- обязательное обращение модели к базе знаний.

В соответствии с выявленными требованиями была разработана диаграмма вариантов использования UML, представленная на рис. 8.

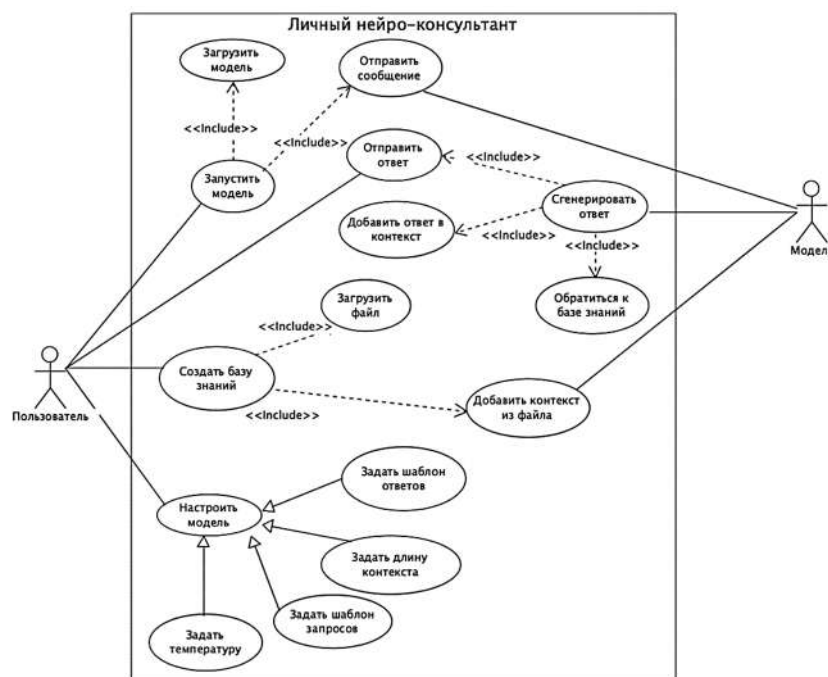


Рис. 8. Диаграмма вариантов использования

В рамках разрабатываемого мобильного приложения необходимо рассмотреть:

- серверную часть, на которой будет осуществляться запуск модели;
- клиентскую часть, для отправки запросов и отображения ответов.

Для запуска личного нейроконсультанта на устройстве будет использован фреймворк llama.cpp, который обеспечит локальную работу языковой модели без подключения к Интернету (написанный на C++ также обеспечит быстроту, широкую поддержку маломощных мобильных устройств и надежность запускаемого сервера).

Клиентская часть приложения будет написана на языке JSX с использованием библиотеки React Native в среде разработки Android Studio. Использование React Native обеспечит кроссплатформенность разрабатываемого приложения для мобильных операционных систем IOS и Android.

Список литературы

1. Mohan S. K. Management Consulting in the Artificial Intelligence – LLM Era // Management Consulting Journal. 2024. Vol 7.1. P. 10–16.
2. Kunz J. Understanding Large Language Models: Towards Rigorous and Targeted Interpretability Using Prob-ing Classifiers and Self-Rationalisation // Linköping Studies in Science and Technology. 2024. № 2364. P. 3–6.
3. Прошина М. В., Виноградов А. Н. Оптимизация больших языковых моделей. М., 2023. С. 2–6.

Информация об авторах

Копылов Егор Антонович, студент, Пензенский государственный университет.

Дзюба Елена Анатольевна, старший преподаватель кафедры «Математическое обеспечение и применение электронных вычислительных машин», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004

СЕТЕВОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ СОЗДАНИЯ И ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ, СБОРА ДАННЫХ И РЕЗУЛЬТАТОВ

Н. С. Карамышева¹, В. П. Кочергин²

^{1, 2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ karamyshevans@yandex.ru

² vlad.kochergin.work@mail.ru

Аннотация. Рассматривается технология разработки и реализация приложения для создания и проведения тестирования, сбора данных и результатов для упрощения процесса проверки знаний студентов. Приложение будет обладать следующими возможностями со стороны преподавателя: создание списков студентов, тестов и вопросов к ним разных типов, проведение тестирования и просмотр результатов. Со стороны админа будет возможность создавать списки кафедр, учебных лет и преподавателей. Студенты же имеют возможность только подключаться к тестированию, проходить его и получать результаты.

Ключевые слова: тестирование, составление тестов, хранение результатов тестирования, прохождение тестирования, система проверки знаний, приложение, тестирование по локальной сети

Для цитирования: Карамышева Н. С., Кочергин В. П. Сетевое приложение для создания и проведения тестирования, сбора данных и результатов // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 73–78.

Введение

Одним из требований к результатам освоения основных образовательных программ является осуществление контроля знаний, умений и навыков обучающихся. От того, как организован процесс обучения и контроль знаний, зависит эффективность всей учебной работы. В последнее время тестовая форма стала довольно значимой и актуальной в обучении. Эта форма контроля получает как положительные, так и критичные отзывы. Многие признают тесты качественным и объективным способом оценивания, но в то же время отказываются от тестирования.

В разных учреждениях тесты могут отличаться не только по своему содержанию, но и типами вопросов. Нельзя не отметить, что средства создания таких тестов у всех разные, как и способы их проведения. Существует огромное число систем, позволяющих это делать, но не все заслуживают внимания. Многие из них не удовлетворяют требованиям учреждений либо имеют слишком сложный интерфейс, с которым неудобно работать.

Для того чтобы процесс тестирования в образовательном процессе не был слишком трудозатратным для преподавателя, предлагается разработать систему для промежуточной и итоговой проверки знаний в средних и высших образовательных учреждениях.

Целью работы является разработка системы для составления и проведения тестов, удовлетворяющей требованиям учебной программы Пензенского государственного университета.

Описание программы

Проведение тестирования является на настоящий момент наиболее удобным и эффективным способом проверки знаний в учебных заведениях. Связано это с тем, что на составление таких тестов уходит гораздо меньше времени, а проверка ответов осуществляется моментально в автоматическом режиме и сохраняется на компьютере.

Хорошая система для составления тестов должна обладать рядом свойств, необходимых для удобного пользования:

- разнообразие видов вопросов: подразумевается возможность использования в тесте различных способов проверки знаний;

- модульность: система должна иметь возможность выполнять несколько задач: создание и проведение тестов, проверку и хранение результатов;

- защищенность: у учащихся не должно быть доступа к ответам.

К наиболее характерным примерам можно причислить следующие:

- электронная информационно-образовательная система (ЭИОС ПГУ) (LMS Moodle) [1];

- Adit Testdesk [2];

- MyTestX [3].

Требуется разработать собственную систему, которая бы состояла из приложений для преподавателя и студентов, и функционировала на основе клиент-серверного взаимодействия. В роли «клиента» выступает студент, а «сервером» является преподаватель. Один из главных критериев системы – это удобное расположение графических элементов, предоставляющих пользователю быстрое ориентирование в интерфейсе. Приложение преподавателя должно включать конструктор для создания тестов. Оно также должно обеспечивать тестирование по локальной сети. В приложении студента необходимо предусмотреть наличие возможности проходить тестирование в онлайн- и офлайн-форматах.

Работа с системой начинается с запуска приложения преподавателя, которое является сервером, к которому в дальнейшем смогут подключаться студенты. В первую очередь для проведения тестирования необходимо создать список групп студентов, который будет храниться в базе данных. Также необходимо создать и сам тест, который будет рассылаться студентам для прохождения. Наполнив тест вопросами и настроив все параметры, можно сохранить его, тест будет храниться в базе данных (БД). Теперь можно переходить к самому тестированию. Нужно выбрать группу студентов из ранее созданного списка и тест. Со стороны студента необходимо будет запустить приложение для студентов и авторизоваться в нем. Авторизация пройдет успешно, если введенные данные будут совпадать с данными из списка группы на сервере. Когда студенты будут готовы, можно начать и одновременно всем разослать тесты.

После получения тестов студентам предстоит ответить на все вопросы, представленные на экране, путем выбора правильных ответов. Когда вопросы закончатся, на экране появится окно с результатами и одновременно с этим данные о прохождении будут отправлены преподавателю на сервер, где будет формироваться новая таблица базы данных. Закрыв окно с результатом, можно закрыть и само приложение для студентов. Аналогично организуется работа с приложением для преподавателей, которые могут сохранить таблицу с результатами тестирования и закрыть программу.

Всей описанной выше процедуре соответствует диаграмма последовательностей, приведенная на рис. 1.

Чтобы система начала функционировать, необходимо выполнить несколько обязательных действий. Когда приложение запущено впервые, база данных пуста. Работа начинается со входа в систему под профилем администратора, который имеет права для создания, редактирования и удаления названий кафедр, профилей преподавателей и времени тестирования (рис. 2). После этого новые данные появляются в базе данных, и теперь системой можно начать пользоваться. Теперь у преподавателя есть возможность создания студенческой группы (группы, проходящей тестирование), а также создания теста с вопросами.

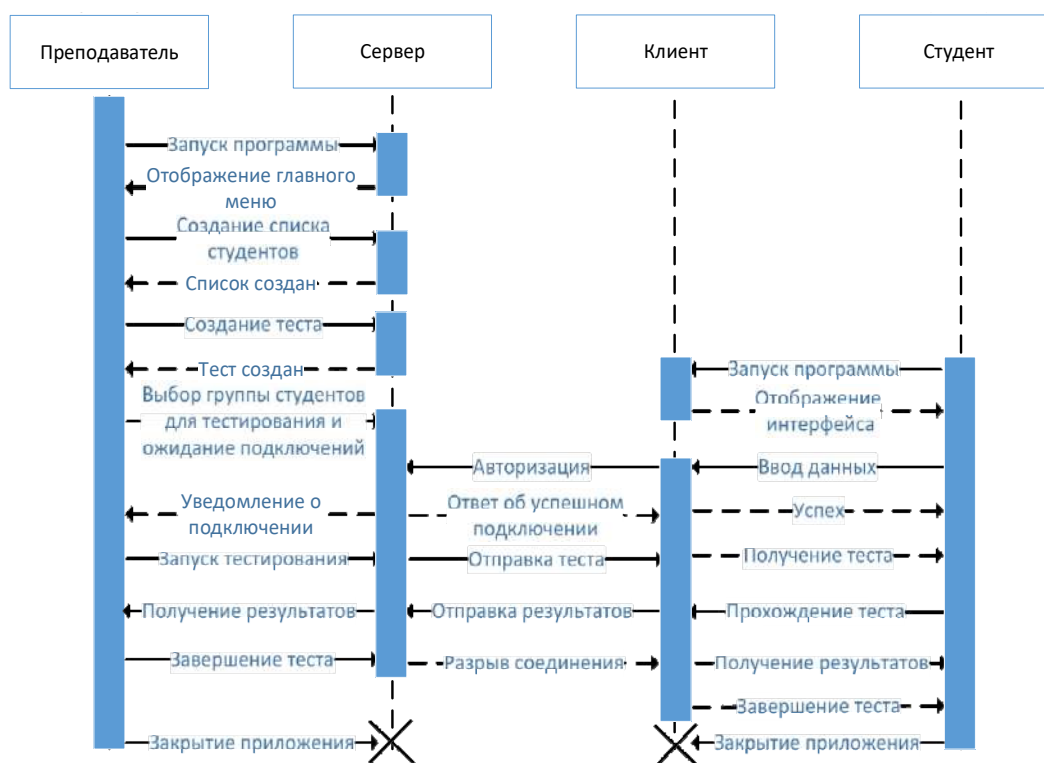


Рис. 1. UML-диаграмма последовательности

Все вышеперечисленное также сохраняется в базе данных. Когда все действия выполнены, можно перейти к проведению тестирования. Начинается оно с выбора темы ранее созданного теста. Когда тема выбрана, появляется окно в поле выбора студенческой группы. Теперь можно начать принимать подключения клиентов. Когда студент авторизовался и подключился (рис. 3), он помечается в списке галочкой. Когда все студенты подключаются, можно будет приступить к тестированию. По прохождении теста на сервер приходят данные студентов с результатами и автоматически выставляется оценка.

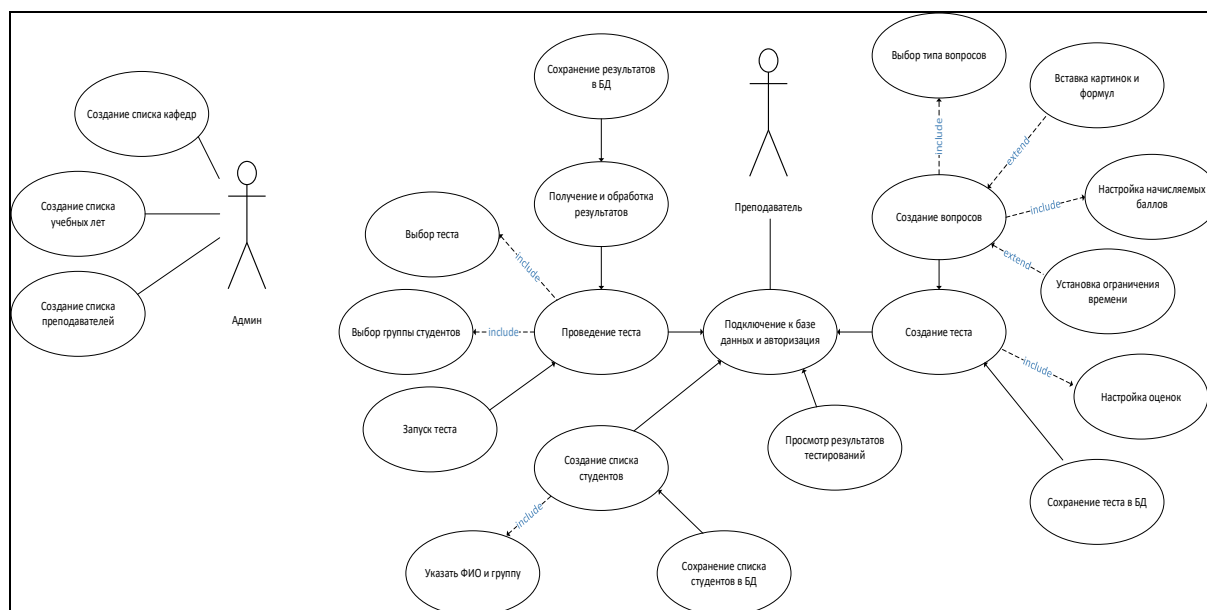


Рис. 2. UML-диаграмма вариантов использования (Преподаватель)

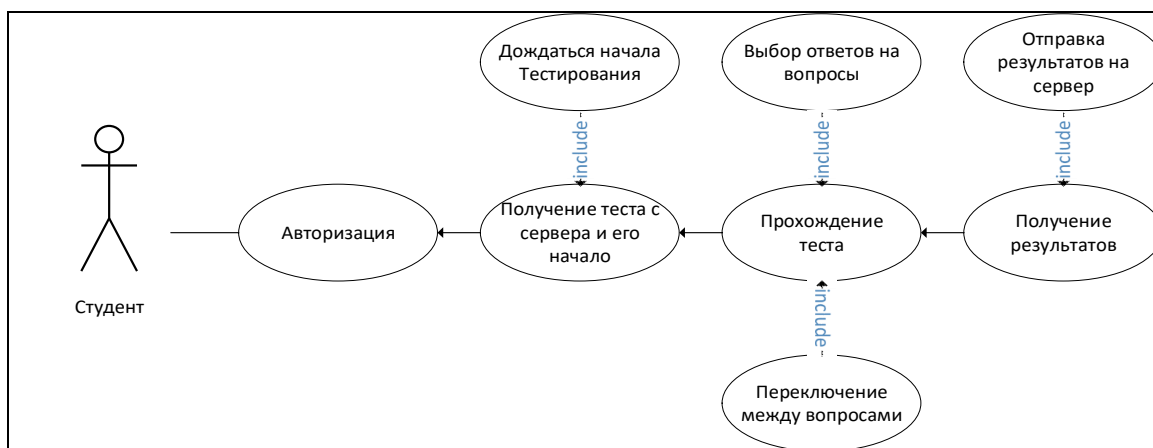


Рис. 3. UML-диаграмма вариантов использования (Студент)

Для хранения информации реализована база данных со следующими таблицами (рис. 4):

- departments – таблица, содержащая перечень кафедр;
- teachers – таблица, содержащая данные всех преподавателей;
- year_of_entering – таблица, содержащая перечень учебных годов;
- groups – таблица, содержащая перечень всех учебных групп;
- students – таблица, содержащая данные всех студентов;
- tests – таблица, содержащая перечень созданных тестов;
- questions – таблица, содержащая перечень всех вопросов тестов;
- results – таблица, содержащая данные о прохождении тестов студентами.

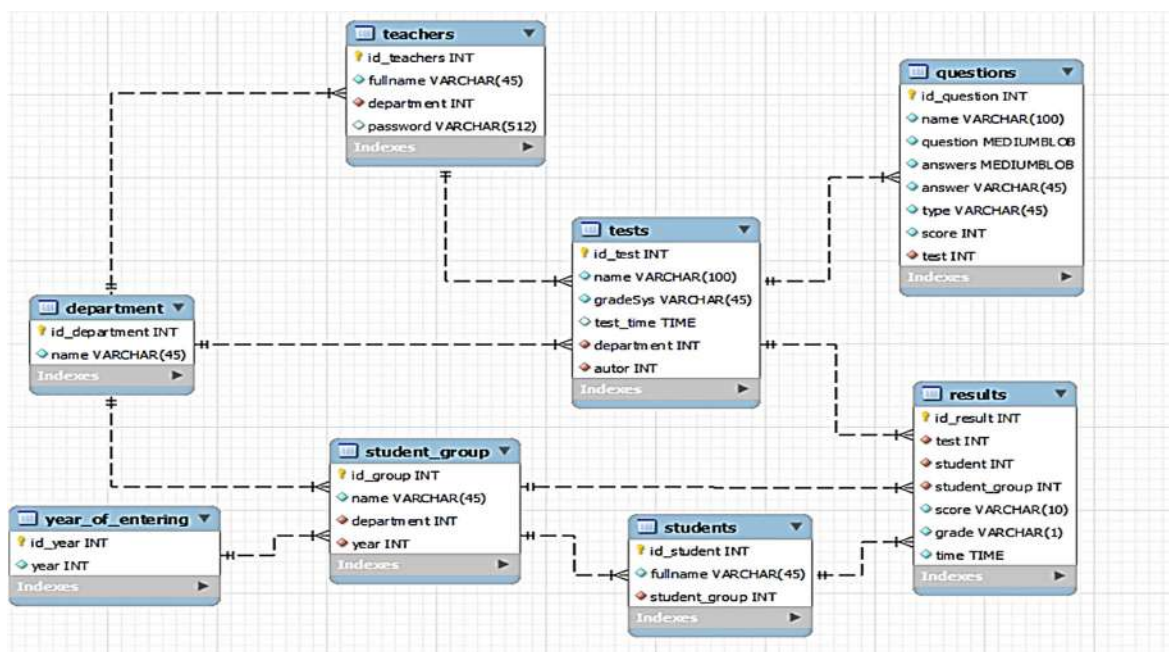


Рис. 4. Схема таблиц

Взаимодействие с системой начинается с настройки приложения для преподавателя. Когда оно запущено, пользователь видит интерфейс главного меню. На рис. 5 в боковом меню указаны четыре основных раздела, которые без подключения к базе данных и авторизации в системе недоступны. В главном меню пользователю предлагается авторизоваться.

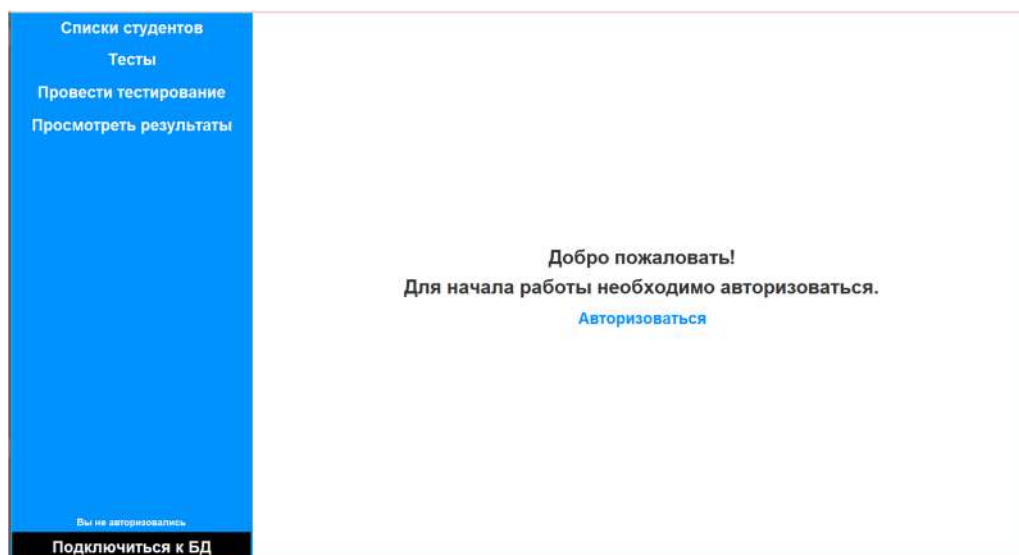


Рис. 5. Главное меню приложения для преподавателя

Для того чтобы функционал приложения был доступен, необходимо авторизоваться (рис. 6). При авторизации можно также выполнить вход в режиме администратора, который имеет возможность редактирования списков кафедр и преподавателей. При первом запуске необходимо будет заполнить эти списки. Когда все будет готово, преподаватель сможет авторизоваться и выбрать кафедру, на которой он преподает.

Рис. 6. Окно авторизации

Если данные совпали с теми, что были внесены в базу данных админом, то появится уведомление об успешной авторизации. Работа преподавателя начинается с этапа создания группы студентов и внесения в нее студентов. Когда список студентов готов, можно переходить к созданию теста. В первую очередь присваивается название, а далее тест наполняется вопросами и ответами к ним.

По завершении создания теста система готова к проведению тестирования. Далее необходимо выбрать вкладку «Провести тестирование» и выбрать учебную группу и тест, который предстоит проходить.

Со стороны студента необходимо авторизоваться под своим ФИО, и если преподаватель выбрал группу, к которой он принадлежит, то вход будет выполнен успешно. Преподаватель увидит галочку рядом с именем студента на своем компьютере, означающую, что тот готов к прохождению. Тест начинается по решению преподавателя, нажавшего кнопку старта, и длится в течение указанного при создании теста времени. Когда студент завершает тестирование, то ему показываются результаты тестирования, которые одновременно с этим отправляются преподавателю и заносятся в таблицу, откуда можно будет в любой момент их просмотреть.

Заключение

Реализовано сетевое приложение для создания и проведения тестирования, сбора данных и результатов. При создании приложения был выбран язык программирования Java, система управления базами данных SQL, фреймворк Swing, позволяющий создавать графический интерфейс. В качестве среды была выбрана IntelliJ IDEA.

Список литературы

1. Moodle.ru. URL: <https://moodle.pnzgu.ru> (дата обращения: 21.04.2024).
2. 3dnews.ru. URL: <https://3dnews.ru> (дата обращения: 21.04.2024).
3. loadboard.ru. URL: <http://www.loadboard.ru> (дата обращения: 21.04.2024).

Информация об авторах

Карамышева Надежда Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Вычислительная техника», Пензенский государственный университет.

Кочергин Владислав Павлович, студент, Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.453

ПРИМЕНЕНИЕ ANSIBLE ДЛЯ КОНФИГУРИРОВАНИЯ И ЗАПУСКА DOCKER КОНТЕЙНЕРОВ НА УДАЛЕННЫХ УЗЛАХ

А. А. Левин¹, А. С. Кудашов², Д. А. Дьячков³

^{1, 2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

³ Национальный исследовательский университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия

¹ levin_andrej@vk.com

² sasha.kudaschov2014@yandex.ru

³ rkbcu@mail.ru

Аннотация. На примере запуска Docker контейнера с игрой 2048 рассматривается способ применения Ansible для конфигурации сервера с возможностью запуска произвольных Docker контейнеров.

Ключевые слова: Ansible, сценарий, Docker, контейнер, сервер, конфигурирование системы, окружение, зависимости, Python, SSH

Благодарности: статья подготовлена под научным руководством старшего преподавателя Е. А. Дзюбы.

Для цитирования: Левин А. А., Кудашов А. С., Дьячков Д. А. Применение Ansible для конфигурирования и запуска Docker контейнеров на удаленных узлах // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 79–82.

На многих предприятиях используются однотипные конфигурации серверов для сборки или запуска программных продуктов. Зачастую настройка таких систем происходит с нуля руками специалиста, что неэффективно по затратам времени и количеству возможных допущенных ошибок на конфигурирование одного сервера, тогда как в крупных компаниях счет таких серверов может идти на десятки и сотни штук.

Частично решить проблему может использование Docker, контейнеры которого предоставляют изоляцию окружения, повторяемость и легкое масштабирование. Так, с помощью Docker можно упаковать продукт со всеми зависимостями в контейнер, который впоследствии можно будет запустить на любом сервере, с настроенным ПО контейнеризации, что, в свою очередь, обеспечивает стопроцентную воспроизводимость результатов запуска контейнеризированного ПО вне зависимости от конфигурации серверного оборудования и установленного программного обеспечения [1].

Однако проблему с подготовкой сервера, готового для работы с Docker контейнерами, невозможно решить тривиальной установкой Docker. Необходимо средство для настройки операционной системы сервера. Под такое описание подходит Ansible – программное обеспечение с открытым исходным кодом (распространяется по лицензии GPL-3.0), которое предназначено для удаленного управления конфигурациями.

Фактически применением Ansible можно решить все проблемы, связанные с приведением удаленных машин в желаемое состояние. Требуемые зависимости к подключаемым узлам уже входят в состав большинства дистрибутивов: SSH – для возможности подключения, Python3+ – для

выполнения кода, сгенерированного ansible. На рис. 1 представлена схема выполнения сценария (playbook.yml) на трех узлах.

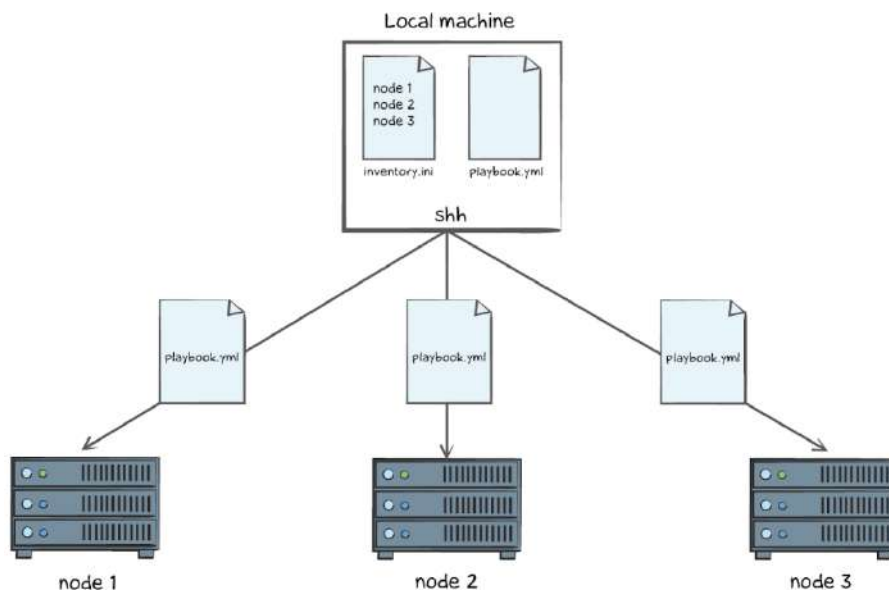


Рис. 1. Схема работы Ansible

Ansible имеет множество встроенных модулей для решения задач самого разного класса, таких как системные вызовы, управление пакетами, базы данных, сеть и сетевая инфраструктура, виртуализация, различные утилиты и т.д. В случае отсутствия требуемого функционала возможна разработка собственного модуля. Для разграничения встроенных и пользовательских модулей, которые могут иметь одинаковые названия, используются пространства имен. В рамках задачи используется лишь один модуль, в то время как сценарий может иметь сколько угодно задач [2, 3].

Вернемся к проблеме настройки сервера для работы с Docker контейнерами. Решение в общем случае довольно сложно, поскольку с использованием средств контейнеризации возможен как запуск небольших приложений, так и построение крупных систем, рассчитанных на значительное число пользователей.

Рассмотрим частный случай применения Ansible с настройкой сервера для запуска Docker контейнера с игрой 2048. Прежде всего необходимо установить программное обеспечение Docker.

Шаг 1: установка зависимых пакетов: curl и ca-certificates (задача «name: Установка зависимостей» в листинге 1). Использование параметра loop создает цикл выполнения задачи для скачивания пакетов curl и ca-certificates через пакетный менеджер apt, используя встроенный модуль ansible.builtin apt, который поставит последние версии (параметр «state: latest») пакетов в целевую систему.

Шаг 2: добавление ключа подписи репозитория Docker в систему (задача «name: Добавление Docker GPG ключа» в листинге 1). Для добавления используется встроенный модуль ansible.builtin apt_key, который добавляет в систему ключ, получаемый по параметру url. Поскольку Docker распространяется для разных систем, запрашивается ключ для конкретного дистрибутива, используя подстановку параметра ansible_distribution (данные, собираемые ansible во время подключения к удаленному узлу) и фильтр lower для приведения результата в нижний регистр. Параметр «state: present» следит за добавлением ключа в систему.

Шаг 3: добавление в систему apt репозитория Docker (задача «name: Добавление Docker репозитория» в листинге 1). С помощью встроенного модуля ansible.builtin apt_repository добавляем репозиторий Docker с подстановкой дистрибутива (ansible_distribution) и его кодового названия (ansible_lsb.codename) в ссылку.

Шаг 4: обновление списка пакетов, доступных из репозитория системы (задача «name: Обновление списка пакетов» в листинге 1). Параметр `update_cache` встроенного модуля `ansible.builtin.apt` обновляет список пакетов, доступных в добавленных репозиториях.

Шаг 5: установка пакета `docker-ce` (задача «name: Установка Docker» в листинге 1). Аналогично шагу 1, но без использования цикла.

Листинг 1. Сценарий Ansible для установки средства контейнеризации:

```
tasks:
- name: Установка зависимостей
  ansible.builtin.apt:
    name: "{{ item }}"
    state: present
  loop:
    - ca-certificates
    - curl

- name: Добавление Docker GPG ключа
  ansible.builtin.apt_key:
    url: "https://download.docker.com/linux/{{ distrib }}/gpg"
    state: present

- name: Добавление Docker репозитория
  ansible.builtin.apt_repository:
    repo: "deb [arch=amd64] https://download.docker.com/linux/{{ distrib }} {{ ansible_lsb.codename }} stable"
    state: present

- name: Обновление списка пакетов
  ansible.builtin.apt:
    update_cache: yes

- name: Установка Docker
  ansible.builtin.apt:
    name: docker-ce
    state: present

- name: Запуск игры 2048
  ansible.builtin.docker_container:
    name: 2048
    image: jgreat/2048
    state: started
    restart: yes
    ports:
      - "80:80"
```

После установки средств контейнеризации необходимо получить нужный образ с игрой 2048 (`jgreat/2048`) и запустить его с нужными настройками пробрасывания портов.

Листинг 2. Сценарий Ansible для запуска Docker контейнера:

```
- name: Запуск игры 2048
  ansible.builtin.docker_container:
    name: 2048
```

```
image: jgreat/2048
state: started
restart: yes
ports:
  - "80:80"
```

Для запуска (параметр «state: started») Docker контейнера используется встроенный модуль `ansible.builtin.docker_container`, в параметрах которого указаны образ и его пользовательское название (`image` и `name` соответственно), необходимость его перезапуска в случае необходимости («restart: yes»), а также пробрасываемые из него в систему порты [4].

Таким образом, был рассмотрен способ запуска Docker контейнера с игрой 2048 на удаленном узле с помощью Ansible. Подход с использованием инструментов удаленной конфигурации позволяет эффективно настраивать системы разной сложности с предсказуемыми затратами.

Список литературы

1. Джез Х., Дейвид Ф. Непрерывное развертывание ПО: автоматизация процессов сборки, тестирования и внедрения новых версий программ: пер. с англ. М. : Вильямс, 2011. 432 с.
2. Система управления Ansible // Хабр. URL: <https://habr.com/ru> (дата обращения: 25.10.2024).
3. Основы автоматизации в Ansible Playbook // Хекслет. URL: <https://ru.hexlet.io> (дата обращения: 25.10.2024).
4. Ansible community documentation // Ansible documentation. URL: <https://docs.ansible.com> (дата обращения: 26.10.2024).

Информация об авторах

Левин Андрей Алексеевич, студент, Пензенский государственный университет.

Кудашов Александр Сергеевич, студент, Пензенский государственный университет.

Дьячков Даниил Александрович, студент, Национальный исследовательский университет ИТМО (г. Санкт-Петербург).

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 001.891.578:004.042:004.623

ПОДГОТОВКА К ИМИТАЦИОННОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ РАССЫЛКИ УВЕДОМЛЕНИЙ О СОБЫТИЯХ ОХРАННО-ПОЖАРНОЙ СИСТЕМЫ

А. С. Митрохин

Научно-внедренческое предприятие «Болид», Королёв, Россия;
Мытищинский филиал Московского государственного
технического университета им. Н. Э. Баумана, Мытищи, Россия

alexsak2006@mail.ru

Аннотация. Для тестирования стабильности работы системы рассылки уведомлений о событиях охранно-пожарной системы выполнена подготовка к построению имитационной модели. Для построения модели требуется информация о размере охраняемого объекта и ограничениях канала передачи сообщений. Путем задания этой информации в качестве входных данных представлена методика определения возможности стабильности работы системы рассылки уведомлений о событиях с помощью посекундного моделирования работы. Сравнение времени, которое требуется для получения всех событий, и времени, которое требуется для отправки всех событий, позволяет дать предварительную оценку результатов тестирования.

Ключевые слова: имитационное моделирование, рассылка сообщений, охранная система

Благодарности: статья подготовлена под научным руководством кандидата технических наук, доцента А. В. Чернышова, а также при поддержке заместителя главного конструктора ЗАО Научно-внедренческое предприятие «Болид» А. С. Воронова.

Для цитирования: Митрохин А. С. Подготовка к имитационному моделированию системы рассылки уведомлений о событиях охранно-пожарной системы // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 83–86.

Введение

Важной проблемой эксплуатации охранно-пожарных систем является своевременное уведомление пользователя об инцидентах и штатных событиях на объекте охраны по различным каналам передачи (в частности, через мессенджеры).

В свою очередь, каналы передачи могут иметь ограничения на максимальное количество сообщений, которое можно отправить пользователю, на заданном временном интервале. Эти ограничения становятся заметны на крупных объектах охраны, которые способны генерировать сотни событий в минуту. При превышении ограничений канала передачи возникает отказ от отправки сообщения с блокировкой возможности отправлять сообщения на некоторое время. В охранно-пожарной системе такая ситуация является недопустимой.

Тестирование работы системы отправки сообщений на таком реальном крупном объекте содержит высокий уровень риска для безопасности этого объекта. Для уменьшения риска предложено создать программную имитационную модель, которая будет содержать описание объекта и ограничений канала передачи и позволит имитировать поведение объекта при максимальной нагрузке.

Целью работы является построение имитационной математической модели, которая является предварительным этапом для создания программной модели и описывает входные параметры модели и законы, по которым программная модель должна работать.

Применяемыми методами являются наблюдение, анализ и абстрагирование.

Постановка задачи

По своей сути система рассылки сообщений о событиях имеет схожесть с системой массового обслуживания [1], с той лишь разницей, что можно дополнительно задать ограничения на отправку с помощью балансировщика, который определяет, когда и какому пользователю следует отправить сообщение.

Каналом передачи является мессенджер Telegram, задающий ограничения по количеству сообщений: в секунду можно отправить одно сообщение одновременно не более, чем 30 пользователям, при этом одному пользователю также нельзя отправлять более одного сообщения в секунду. Максимальная длина сообщения равна 4000 байт.

Максимальное количество пользователей Telegram, которым следует отправлять события, составляет 100.

Источниками событий являются устройства и элементы (шлейфы сигнализации) охранной системы, которые объединены в зоны¹. Максимальное количество зон составляет Z , элементов – I .

Скорость получения событий имеет ограничение λ событий в минуту.

В [1] между балансировщиком и источниками событий имеются каналы уведомлений (разные наборы фильтров, которые определяют, какие события должны быть отправлены) и пользователи, которые получают информацию о событиях, привязаны к ним. В связи с тем, что стоит задача имитации работы в максимальной нагрузке, фильтрами и разными каналами уведомлений следует пренебречь, оставив только информацию о входном потоке событий, пользователях и очереди отправки событий.

Входной поток событий должен быть приближен к работе реальной охранно-пожарной системы объекта. Таким образом, не следует использовать постоянный поток событий для моделирования, так как он не отражает реальное поведение системы. Следует описать методику генерации событий. Также следует учесть возможность задания предельной скорости поступления событий: это ограничение скорости передачи данных внутри охранной системы.

Исходя из ограничения по длине сообщения, можно выполнять упаковку нескольких событий в одно сообщение. Следует определить количество событий, которое можно гарантированно поместить в сообщение.

Выходными данными работы модели должны быть данные о состоянии системы: были ли успешно отправлены все сообщения, в какой временной интервал возникли ошибки и для каких пользователей.

Сбор информации. После формулирования требований к информации следует осуществить сбор данных. События охранно-пожарной системы можно поделить на четыре категории: пожары, тревоги, неисправности, нормы. Максимально приближенный к реальной системе поток событий можно представить как вероятностную модель возникновения событий каждой категории.

Исходя из максимального размера сообщения, отправляемого пользователю, и внутреннего исследования формирования сообщения о событии, определено, что длина сообщения о событии может составлять от 160 до 380 байт, что гарантирует упаковку 10 событий в одно сообщение.

¹ ГОСТ Р 52434–2015. Технические средства охранной сигнализации. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний. М. : Стандартинформ, 2016. С. 46.

Построение модели

Исходя из крайне низкой вероятности возникновения пожаров², недостаточной информации для определения точной вероятности неисправности [2], следует искать альтернативный подход к формированию событий.

В ходе внутреннего исследования определено, что максимальное количество одновременного появления набора событий можно получить путем взятия или снятия всех зон объекта. Так, количество генерируемых событий E будет равняться сумме событий каждой снимаемой зоны, являющейся суммой количества входов в зоне и события снятия самой зоны:

$$E = \sum_{i=1}^Z (I_i + 1),$$

где I_i – число входов в i -й зоне.

В совокупности определено, что для имитации входного потока с созданием высокой нагрузки достаточно выполнить имитацию полного снятия объекта с охраны.

Имитационная система должна быть способна выполнять следующие действия:

- определять необходимость поэтапного моделирования;
- выполнять пошаговую имитацию получения, обработки и отправки данных, где один шаг равен секунде;
- определять факт переполнения буфера.

Человек взаимодействует с системой путем введения параметров работы системы. Со средой взаимодействие не требуется.

Параметрами модели являются:

- 1) Z – количество зон в системе;
- 2) I – количество входов в системе;
- 3) M_L – максимальное количество сообщений, которые можно отправить одному пользователю в единицу времени;
- 4) U – количество пользователей в системе;
- 5) U_L – максимальное количество пользователей, которым можно отправить M_L сообщений в единицу времени;
- 6) L_M – максимальная длина сообщения (байт);
- 7) L_E – максимальная длина информации о событии системы (байт);
- 8) λ – скорость поступления событий в систему (событий в минуту).

Все указанные параметры модели позволяют описать входные данные, которые определяют результат моделирования системы.

Для определения максимального количества событий в одном сообщении E_M используется отношение максимальной длины сообщения и максимальной длины информации о событии системы:

$$E_M = \frac{L_M}{L_E},$$

где L_M – максимальная длина сообщения; L_E – максимальная длина информации о событии системы.

Время T_{input} , которое требуется для получения всех событий E , составит

$$T_i \text{ при } t = \frac{E}{\frac{\lambda}{60}},$$

где E – количество событий, которые следует отправить; λ – скорость поступления событий в систему (событий в минуту).

² ГОСТ 12.1.004–91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования. М. : Стандартинформ, 2006. С. 64.

Время T_{send} , которое требуется на отправку всех событий E , составит

$$T_{send} = \frac{E}{M_L E_M} \cdot \left[\frac{U}{U_L} \right],$$

где E – количество событий, которые следует отправить; E_M – максимальное количество событий в одном сообщении; M_L – максимальное количество сообщений, которые можно отправить одному пользователю в единицу времени; U – количество пользователей в системе; U_L – максимальное количество пользователей, которым можно отправить M_L сообщений в единицу времени.

При $T_{input} > T_{send}$ можно однозначно утверждать, что система будет являться стабильной. В остальных случаях повышается вероятность нестабильной работы системы, и требуется проведение имитационного моделирования.

Пошаговое моделирование включает в себя следующий алгоритм:

1. Получение λ событий из числа событий во входном потоке. Если этот этап происходит в первый раз, то это число равно E .
2. Отправка события в буферы отправки для каждого пользователя.
3. Проверка переполнения буфера: если переполнен, в файл журнала моделирования пишется уведомление о нестабильности системы с указанием номера шага и номера буфера.
4. Балансировщик определяет $\min(U; U_L)$ пользователей, которым следует отправить сообщение путем циклического обращения к буферам отправки, начиная с первого по кругу по числу пользователей.
5. Из каждого буфера удаляются первые пришедшие E_M событий.
6. Проверка наличия оставшихся событий. Если их нет, то моделирование завершено, выдается общий итог моделирования, производится анализ журнала моделирования.

Заключение

В ходе исследования построена математическая модель, которая содержит набор входных параметров, описывающих систему отправки сообщений о событиях охранно-пожарной системы. В представленной модели описаны законы генерации входного потока событий для воссоздания максимальной нагрузки, формирования отправляемого сообщения и проверки стабильности работы системы.

В дальнейшем планируется построить имитационную программную модель на базе представленной математической модели, которая позволит в дальнейшем подобрать значения ряда вышеуказанных параметров уже для реальных систем. Также возможна модификация математической модели для имитации реального потока событий со стандартными сценариями управления и имитацией нештатных ситуаций объекта охраны.

Список литературы

1. Митрохин А. С. Постановка эксперимента по подтверждению гипотезы о времени обработки распределенной фильтрации событий // Новые информационные технологии и системы (НИТиС–2023) : сб. науч. ст. по материалам XX Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 80-летию юбилею Пензенского государственного университета. Пенза, 2023. С. 195–199.
2. Кирьянчиков В. А., Москвина Л. К. Методика и программное средство оценки надежности вычислительных систем с помощью структурных схем надежности // Известия СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2017. № 8. С. 29–37.

Информация об авторе

Митрохин Алексей Сергеевич, аспирант, Мытищинский филиал Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана; ЗАО Научно-внедренческое предприятие «Болид» (г. Королёв).

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.89

РАЗРАБОТКА АДАПТИВНОЙ НЕЧЕТКОЙ СИТУАЦИОННОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ГРАДИЕНТНОГО СПУСКА В MATLAB R2021b

Д. А. Наумов¹, А. Ю. Козлов², Н. П. Зотов³

¹АО «Радиозавод», Пенза, Россия

^{2,3} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ d.a.naumov1971@yandex.ru

² kozlov_@mail.ru

³ cool_men1@vk.com

Аннотация. Представлена методика создания адаптивной нечеткой ситуационной сети, разработанная с помощью ANFIS в MATLAB R2021b, для моделирования, анализа и оптимизации сложных систем. Подход объединяет методы нейронных сетей и нечеткой логики, обеспечивая высокую точность и гибкость обучения моделей. В рамках исследования была построена Sugeno-сеть с параметрами для входных переменных, отражающих устойчивость системы, и достигнута минимальная среднеквадратичная ошибка, что подтверждает высокую эффективность модели.

Ключевые слова: адаптивная нечеткая ситуационная сеть, ANFIS, MATLAB R2021b, нечеткая логика, градиентный спуск

Для цитирования: Наумов Д. А., Козлов А. Ю., Зотов Н. П. Разработка адаптивной нечеткой ситуационной сети на основе метода градиентного спуска в MATLAB R2021b // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 87–93.

Рассматривается алгоритм создания адаптивной нечеткой ситуационной сети, основанной на принципах нечеткой логики. Способность адаптироваться к различным условиям аргументируется автором использованием метода градиентного спуска [1].

Цель данной статьи – разработка адаптивной нечеткой ситуационной сети, использующей ANFIS в MATLAB R2021b. Этот подход объединяет нейронные сети и нечеткую логику для моделирования и анализа сложных систем. Инструмент ANFIS и его опции предоставляют гибкие возможности для обучения и оптимизации адаптивных моделей [2, 3].

С использованием возможностей MATLAB R2021b созданы параметры и структура нечеткой ситуационной сети в формате Sugeno, которую можно использовать для моделирования и анализа сложных систем. Используемые методы: prod (И), probor (ИЛИ), prod (импликация), sum (агрегация), wtaver (дефаззификация) [4].

Заданы три входные переменные, характеризующие устойчивость сложной системы: живучесть, надежность и помехоустойчивость. Каждой из входных переменных установлен диапазон [0 1]. Каждой входной переменной соответствуют три функции принадлежности (критическая, допустимая, требуемая).

Выходная переменная – устойчивость. Диапазон [0 1], 27 функций принадлежности (constant значения).

Определены правила, по которым входные переменные связаны с выходной переменной через логические правила, каждое из которых имеет свой индекс функции принадлежности и вес.

Графическое отображение структуры, параметров и правил нечеткой ситуационной сети представлено на рис. 1, 2.

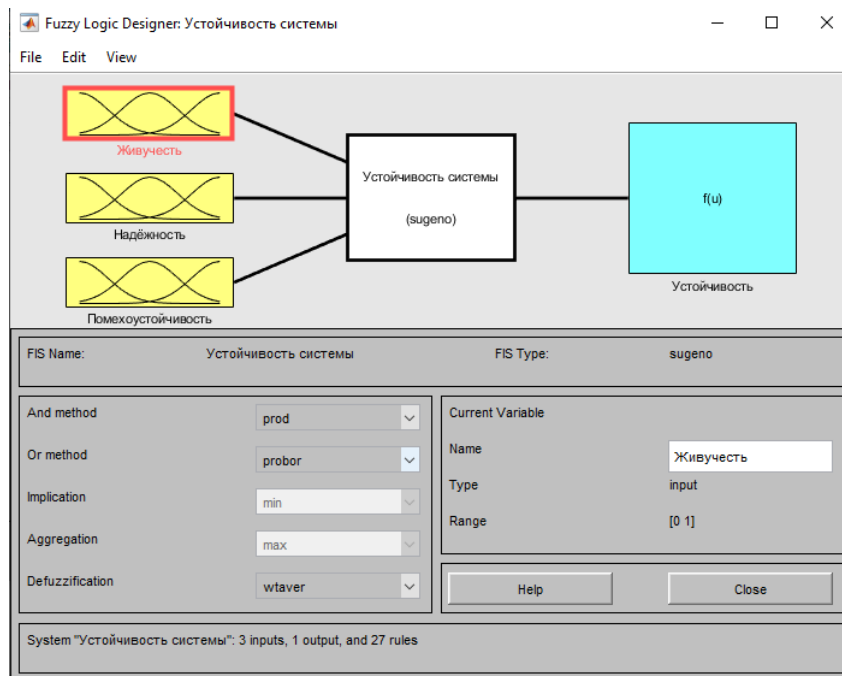


Рис. 1. Структура и параметры нечеткой ситуационной сети

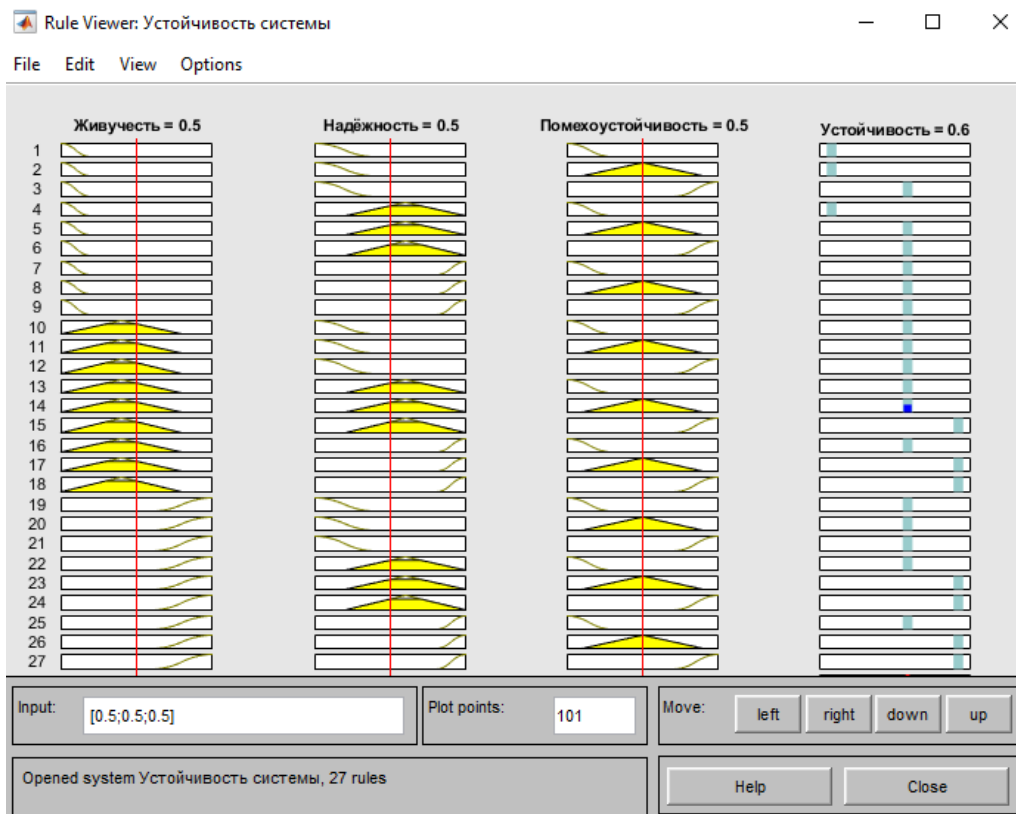


Рис. 2. Правила нечеткой ситуационной сети

Код программы в MATLAB R2021b, реализующий структуру нечеткой ситуационной сети, приведен в прил. 1.

Следующим этапом является создание кода программы адаптации нечеткой ситуационной сети на основе модели Sugeno. Задача программы принять на вход три параметра (живучесть, надежность и помехоустойчивость) и использовать модель Sugeno для оценки значения на выходе (устойчивость). Модуль ANFIS обучает нечеткую ситуационную сеть на основе этих данных для минимизации ошибки и улучшения точности прогнозов. Итоговая цель – оптимизировать функции принадлежности и параметры нечеткой ситуационной сети, чтобы точно предсказывать значения на основе входных данных.

Основные шаги создания программы адаптации нечеткой ситуационной сети на основе модели Sugeno [5, 6]:

1. Функции принадлежности и веса инициализируются случайными значениями.
2. Вычисление ошибки как разницы между фактическим значением и целевым значением для каждого тренировочного примера. ANFIS использует это при обновлении параметров. ANFIS объединяет метод градиентного спуска и метод наименьших квадратов.
3. Градиентный спуск используется для минимизации ошибки сети. Он вычисляет градиенты для всех параметров (весов ребер и параметров функций принадлежности) и корректирует их, чтобы минимизировать ошибку. В MATLAB это достигается с помощью опций `anfisOptions`, где задается число итераций (`EpochNumber`), а также указывается начальная нечеткая ситуационная сеть (FIS).
4. Адаптивный шаг обучения может корректироваться в зависимости от изменения ошибки, что помогает ускорить процесс обучения. В `anfisOptions` можно задать параметры, влияющие на шаг обучения, такие как `StepSizeDecreaseRate` и `StepSizeIncreaseRate`.

Код программы в MATLAB R2021b, реализующий адаптацию нечеткой ситуационной сети, приведен в прил. 2.

Результат выполнения программы адаптации нечеткой ситуационной сети:

- 1) Minimal training RMSE = 6,07867e-08 (минимальная среднеквадратичная ошибка при обучении);
- 2) Minimal checking RMSE = 1,39768e-07 (минимальная среднеквадратичная ошибка при проверке).

Итоговая среднеквадратическая ошибка: 0,000297.

Графическое отображение ошибок, показывающее снижение ошибок с каждой итерацией, приведено на рис. 3.

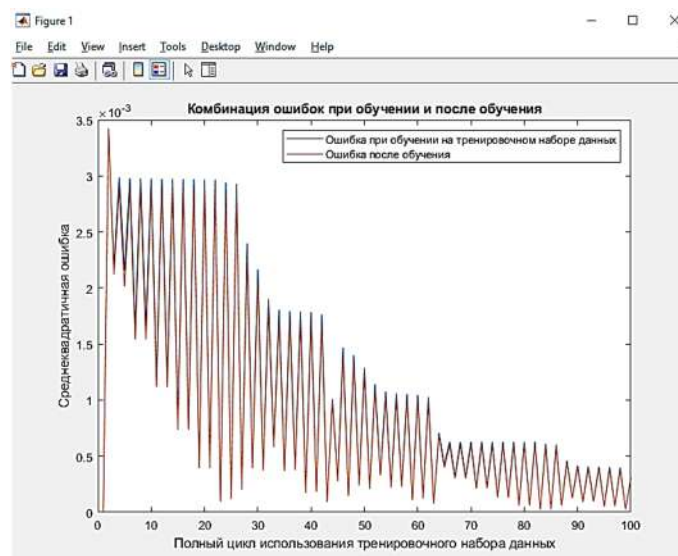


Рис. 3. Отображение ошибок

В данной статье представлен метод разработки адаптивной нечеткой ситуационной сети с использованием инструмента ANFIS в MATLAB R2021b. Интеграция принципов нейронных сетей и нечеткой логики позволяет эффективно моделировать и оптимизировать сложные системы. Результаты выполнения кода программы показали высокую точность модели, подтверждаемую минимальными значениями среднеквадратической ошибки. Плавное уменьшение шага обучения с каждой итерацией свидетельствует о стабильной сходящейся модели. Представленный подход демонстрирует потенциал для применения в различных областях, требующих анализа и оптимизации систем. В дальнейшем возможно расширение исследовательской работы с учетом новых методов и алгоритмов для улучшения адаптации и точности моделей.

Список литературы

1. Наумов Д. А. Адаптивная нечеткая ситуационная сеть на основе метода градиентного спуска // Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем : сб. науч. трудов. Ульяновск : УлГТУ, 2024. С. 123–127. URL: <https://lib.ulstu.ru> (дата обращения: 30.10.2024).
2. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MatLab и FuzzyTech. СПб. : БХВ-Петербург, 2005. С. 736.
3. Штовба С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MatLab. М. : Горячая линия – Телеком, 2007. 288 с.
4. Takagi T., Sugeno M. Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1985. № 15 (1). P. 116–132.
5. Jang J.-S. R. ANFIS: Adaptive-network-based fuzzy inference system // IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics. 1993. № 23 (3). P. 665–685. URL: <https://doi.org> (дата обращения: 30.10.2024).
6. MathWorks, Inc. MATLAB R2021b Documentation. ANFIS – Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System. MathWorks, 2021. URL: <https://fr.mathworks.com> (дата обращения: 30.10.2024).

Приложение 1

Код программы в MATLAB R2021b,
реализующий структуру нечеткой ситуационной сети

```
[System]
Name='load_sugeno_fis'
Type='sugeno'
Version=2.0
NumInputs=3
NumOutputs=1
NumRules=27
AndMethod='prod'
OrMethod='probor'
ImpMethod='prod'
AggMethod='sum'
DefuzzMethod='wtaver'

[Input1]
Name='Живучесть'
Range=[0 1]
NumMFs=3
MF1='критическая':'zmf',[0 0.2]
MF2='допустимая':'trimf',[0 0.4 0.8]
MF3='требуемая':'smf',[0.6 1]
```

[Input2]
 Name='Надежность'
 Range=[0 1]
 NumMFs=3
 MF1='критическая': 'zmf', [0 0.4]
 MF2='допустимая': 'trimf', [0.2 0.6 1]
 MF3='требуемая': 'smf', [0.8 1]

[Input3]
 Name='Помехоустойчивость'
 Range=[0 1]
 NumMFs=3
 MF1='критическая': 'zmf', [0 0.3]
 MF2='допустимая': 'trimf', [0.1 0.5 0.9]
 MF3='требуемая': 'smf', [0.7 1]

[Output1]
 Name='Устойчивость'
 Range=[0 1]
 NumMFs=27
 MF1='mf1': 'constant', [0]
 MF2='mf2': 'constant', [0]
 MF3='mf3': 'constant', [0.6]
 MF4='mf4': 'constant', [0]
 MF5='mf5': 'constant', [0.6]
 MF6='mf6': 'constant', [0.6]
 MF7='mf7': 'constant', [0.6]
 MF8='mf8': 'constant', [0.6]
 MF9='mf9': 'constant', [0.6]
 MF10='mf10': 'constant', [0.6]
 MF11='mf11': 'constant', [0.6]
 MF12='mf12': 'constant', [0.6]
 MF13='mf13': 'constant', [0.6]
 MF14='mf14': 'constant', [0.6]
 MF15='mf15': 'constant', [1]
 MF16='mf16': 'constant', [0.6]
 MF17='mf17': 'constant', [1]
 MF18='mf18': 'constant', [1]
 MF19='mf19': 'constant', [0.6]
 MF20='mf20': 'constant', [0.6]
 MF21='mf21': 'constant', [0.6]
 MF22='mf22': 'constant', [0.6]
 MF23='mf23': 'constant', [1]
 MF24='mf24': 'constant', [1]
 MF25='mf25': 'constant', [0.6]
 MF26='mf26': 'constant', [1]
 MF27='mf27': 'constant', [1]

[Rules]

1 1 1, 1 (1) : 1
 1 1 2, 2 (1) : 1
 1 1 3, 3 (1) : 1
 1 2 1, 4 (1) : 1
 1 2 2, 5 (1) : 1
 1 2 3, 6 (1) : 1
 1 3 1, 7 (1) : 1
 1 3 2, 8 (1) : 1
 1 3 3, 9 (1) : 1
 2 1 1, 10 (1) : 1
 2 1 2, 11 (1) : 1
 2 1 3, 12 (1) : 1
 2 2 1, 13 (1) : 1
 2 2 2, 14 (1) : 1
 2 2 3, 15 (1) : 1
 2 3 1, 16 (1) : 1
 2 3 2, 17 (1) : 1
 2 3 3, 18 (1) : 1
 3 1 1, 19 (1) : 1
 3 1 2, 20 (1) : 1
 3 1 3, 21 (1) : 1
 3 2 1, 22 (1) : 1
 3 2 2, 23 (1) : 1
 3 2 3, 24 (1) : 1
 3 3 1, 25 (1) : 1
 3 3 2, 26 (1) : 1
 3 3 3, 27 (1) : 1

Приложение 2

Код программы в MATLAB R2021b,
 реализующий адаптацию нечеткой ситуационной сети

```
% Загрузка модели Sugeno
file_path = 'D:\Мои документы\MATLAB\Устойчивость системы.fis';
fis = readfis(file_path);

% Генерация и нормализация обучающих данных
num_samples = 1000;
training_data = [];
range_input1 = fis.Inputs(1).Range;
range_input2 = fis.Inputs(2).Range;
range_input3 = fis.Inputs(3).Range;
for i = 1:num_samples
    input1_value = rand * range_input1(2);
    input2_value = rand * range_input2(2);
    input3_value = rand * range_input3(2);
```

```
output_value = evalfis(fis, [input1_value, input2_value, input3_value]);
training_data = [training_data; input1_value, input2_value, input3_value, output_value];
end

% Разделение данных на обучающую и тестовую выборки
trainData = training_data(1:700, :); % 70% на обучение
testData = training_data(701:end, :); % 30% на тестирование

% Обучение системы с использованием функции ANFIS
numEpochs = 100;
options = anfisOptions('InitialFIS', fis, 'EpochNumber', numEpochs, 'DisplayANFISInformation', 0, 'Display-
ErrorValues', 1, 'ValidationData', testData);
[fis, trainError, stepSize, chkFIS, chkError] = anfis(trainData, options);

% Отображение ошибки на каждом этапе обучения
figure;
plot(1:numEpochs, [trainError chkError]);
legend('Ошибка при обучении на тренировочном наборе данных', 'Ошибка после обучения');
xlabel('Полный цикл использования тренировочного набора данных');
ylabel('Среднеквадратичная ошибка');
title('Комбинация ошибок при обучении и после обучения');

fprintf('Итоговая среднеквадратическая ошибка: %.6f\n', chkError(end));
```

Информация об авторах

Наумов Дмитрий Анатольевич, ведущий специалист, АО «Радиозавод».

Козлов Андрей Юрьевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Математическое обеспечение и применение электронных вычислительных машин», Пензенский государственный университет.

Зотов Никита Павлович, студент, Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 378:004

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОЙ ЧАСТИ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА НА ПРИМЕРЕ НАПИСАНИЯ ЖУРНАЛА СОБЫТИЙ (UEFI BIOS)

Е. Д. Нефедова¹, М. А. Митрохин²

^{1, 2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ e.nefedova2003@mail.ru

² mmax83@mail.ru

Аннотация. В целях повышения совместимости и безопасности вычислительных устройств в условиях стремительного технологического прогресса рассматриваются разработка и внедрение технологии UEFI и специализированных OptionROM для улучшения функциональности и защиты данных. Обсуждаются основные преимущества этой технологии, такие как гибкость в настройке устройств, защита от несанкционированного доступа и создание доверенной цепочки при загрузке операционной системы. Выводы исследования указывают на то, что реализация данных технологий не только улучшает функциональные возможности вычислительных устройств, но и создает условия для их эксплуатации в условиях растущих угроз информационной безопасности.

Ключевые слова: UEFI, OptionROM, совместимость, доверенная загрузка, аппаратно-программный модуль доверенной загрузки, графическая библиотека LVGL, безопасность, защита данных

Для цитирования: Нефедова Е. Д., Митрохин М. А. Разработка программной части программно-аппаратного комплекса на примере написания журнала событий (UEFI BIOS) // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 94–97.

В настоящее время производители материнских плат IBM PC-совместимых компьютеров осуществляют активный переход от устаревшего интерфейса BIOS к современной технологии UEFI [1, 2]. Это вызвано не только увеличением производительности вычислительных устройств, но и их распространенностью в различных областях (<https://www.partitionwizard.com/partitionmagic/uefi-vs-bios.html>). Для обеспечения работы рабочей станции, корректной инициализации при старте операционной системы и дальнейшего ее функционирования необходимы внедрение UEFI и разработка специальных OptionROM (OpROM). OpROM представляет собой специализированный программный компонент, который используется для расширения функциональности базового программного обеспечения, отвечающего за начальную загрузку системы. Фазы работы BIOS представлены на рис. 1.

Учитывая разнообразие вычислительных устройств с точки зрения аппаратной конфигурации, разработка и использование OpROM становятся крайне актуальной задачей. Наличие OpROM позволяет обеспечить совместимость вычислительных устройств с различным аппаратным обеспечением за счет корректной инициализации операционной системы, драйверов периферийных устройств.

Данная технология обеспечивает гибкость в настройке и управлении устройствами, позволяя им функционировать с программными решениями без необходимости изменения аппаратной части.

Одним из важных элементов при защите информации является наличие модуля доверенной загрузки (АПМДЗ), который можно реализовать на основе архитектуры UEFI. Этот аппаратно-программный модуль служит для предотвращения несанкционированного доступа к информации разных уровней секретности и запускается на этапе инициализации системы. В процессе загрузки АПМДЗ проверяет подписи и целостность OptionROM и других загружаемых компонентов. Если все компоненты безопасны, система продолжает загрузку и инициализацию оборудования. В случае успешной проверки всех модулей загрузки создается доверенная цепочка, что позволяет системе уверенно продолжить загрузку операционной системы.

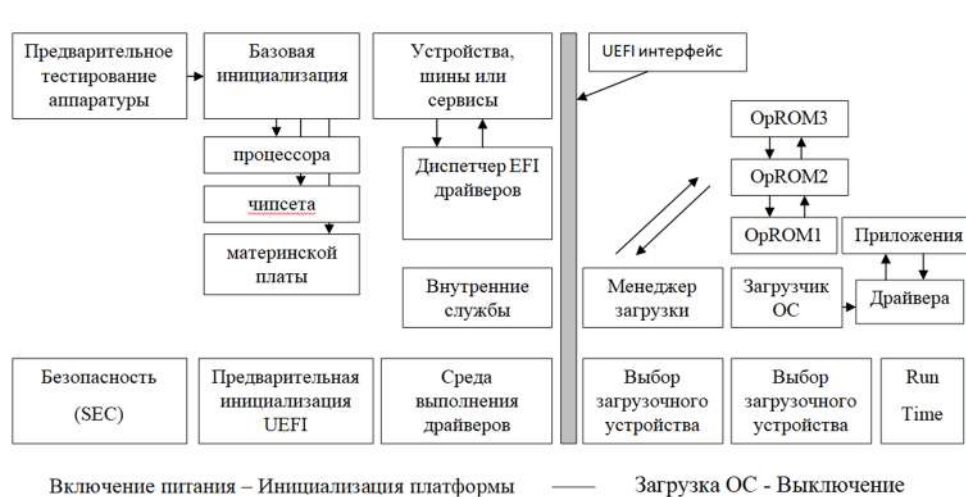


Рис. 1. Фазы работы BIOS

Одним из инструментов, используемых при разработке интерфейса под UEFI, является графическая библиотека LVGL (Light and Versatile Graphics Library), которая позволяет разработчикам создавать красивые и интуитивно понятные пользовательские интерфейсы. Эта библиотека обладает рядом преимуществ, включая минимальные требования к ресурсам, широкий спектр виджетов и инструментов для разработки, высокую скорость отрисовки, а также минимальное потребление памяти, что важно для встраиваемых систем (<https://projectalt.ru>).

Модуль доверенной загрузки выполняет несколько ключевых функций, которые существенно повышают уровень безопасности системы.

Во-первых, он обеспечивает идентификацию и аутентификацию пользователей до загрузки операционной системы, что позволяет гарантировать, что только авторизованные лица могут получить доступ к системе.

Во-вторых, АПМДЗ контролирует целостность программного и аппаратного обеспечения компьютера на этапе загрузки, позволяя выявлять любые изменения или повреждения, которые могут угрожать безопасности системы.

В-третьих, он блокирует несанкционированную загрузку операционной системы с внешних съемных носителей, что предотвращает возможность загрузки вредоносного программного обеспечения.

Наконец, модуль осуществляет регистрацию действий пользователей в специальный журнал событий, что позволяет проводить аудит событий и отслеживать действия, связанные с загрузкой системы.

Рассмотрим особенности написания кода модуля под UEFI на примере журнала событий. Функции данного журнала включают в себя запись и хранение информации о различных событиях

операционной системы, а также обеспечение возможности отслеживания изменений и действий пользователей. Назначение журнала событий заключается в обеспечении прозрачности и контроля работы операционной системы, а также в возможности быстрого обнаружения проблем и ошибок.

При написании кода для журнала событий под UEFI необходимо учитывать ряд особенностей. Прежде всего, необходимо использовать специальные протоколы, предоставляемые стандартом UEFI, такие как `EFI_FILE_PROTOCOL`, `EFI_SIMPLE_FILE_SYSTEM_PROTOCOL` и др. Эти протоколы позволяют обеспечить взаимодействие с файловой системой и обеспечить сохранение информации о событиях на жестком диске.

`EFI_FILE_PROTOCOL` используется для обращения к файлам на файловой системе и выполнения операций с ними, таких как чтение, запись, закрытие файла и т.д. Пример использования данного протокола представлен ниже.

```
EFI_STATUS ReadEventsFromFile(EFI_HANDLE ImageHandle) {
    EFI_STATUS Status;
    EFI_SIMPLE_FILE_SYSTEM_PROTOCOL* FileSystem;
    EFI_FILE_PROTOCOL* Root;
    EFI_FILE_PROTOCOL* File;

    Status = gBS->OpenProtocol(ImageHandle, &gEfiSimpleFileSystemProtocolGuid, (VOID
**) &FileSystem, ImageHandle, NULL, EFI_OPEN_PROTOCOL_BY_HANDLE_PROTOCOL);
    if (EFI_ERROR(Status)) {
        return Status;
    }

    Status = FileSystem->OpenVolume(FileSystem, &Root);
    if (EFI_ERROR(Status)) {
        return Status;
    }

    Status = Root->Open(Root, &File, L"events.txt", EFI_FILE_MODE_READ, 0);
    if (EFI_ERROR(Status)) {
        Root->Close(File);
        return Status;
    }

    UINTN BufferSize = 1024;
    CHAR16 Buffer[1024];
    Status = File->Read(File, &BufferSize, Buffer);
    if (EFI_ERROR(Status)) {
        Root->Close(File);
        return Status;
    }
    // Process the read data
    Print(L"Events: %s\n", Buffer);
}
```

```
Status = File->Close(File);  
if (EFI_ERROR(Status)) {  
    return Status;  
}  
return EFI_SUCCESS;  
}
```

Важной частью кода для журнала событий UEFI являются обработка и логирование различных событий, таких как ошибки загрузки, успешная загрузка, изменения системных параметров и др. Разработчику необходимо предусмотреть возможность записи различных типов событий и их восстановление при необходимости.

Кроме того, файловая система в UEFI имеет собственные особенности, так как UEFI поддерживает различные форматы файловых систем, такие как FAT32, NTFS и др. Необходимо учитывать поддержку нужного формата файловой системы при создании загрузочного образа.

Таким образом, в настоящее время актуальным вопросом в сфере защиты информации от несанкционированного доступа является обеспечение доверенной загрузки операционной системы за счет использования модулей доверенной загрузки. Благодаря тому, что технология OpROM обеспечивает гибкость в настройке и управлении аппаратными средствами, а также совместима с интерфейсом EFI, использование данной технологии становится все более перспективным направлением в сфере разработки высокоэффективных средств, обеспечивающих доверенную загрузку. Перспективы дальнейшего развития в этой области открывают новые горизонты для повышения безопасности и функциональности компьютерных систем, что лишь подчеркивает важность и необходимость полноценного изучения и применения данных технологий в будущем.

Список литературы

1. Harrison A. Harnessing the UEFI Shell : Moving the Platform Beyond DOS. Second Edition. 2019.
2. Mueller V. Beyond BIOS : Developing with the Unified Extensible Firmware Interface. Third Edition. 2017.

Информация об авторах

Нефедова Екатерина Дмитриевна, студентка, Пензенский государственный университет.

Митрохин Максим Александрович, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Вычислительная техника», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 303.094.7

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ДЛИТЕЛЬНОСТИ СТОХАСТИЧЕСКОГО ПРОЕКТА

С. А. Олейникова¹, А. В. Дятчина²

^{1, 2} Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

¹ s.a.oleynikova@gmail.com

² thenochnaya@mail.ru

Аннотация. Объектом исследования в работе является стохастический проект, который задается множеством взаимно-зависимых работ. Каждая такая работа имеет случайную длительность. Предметом исследования является случайная величина, описывающая длительность всего проекта, в частности, интерес представляют числовые характеристики данной величины, а также вероятность выполнения проекта в заданном временном диапазоне. Существует метод PERT, позволяющий решить поставленную задачу, а функцию распределения, с помощью которой можно найти искомую вероятность, аппроксимировать нормальным законом. Однако если ожидаемая длительность для несложных проектов в целом относительно точно оценивается как сумма математических ожиданий работ, стоящих на критическом пути, то аппроксимация длительности проекта нормальным распределением и оценка дисперсии как одного из параметров данного закона не всегда точны. В связи с этим целесообразно провести эксперимент с целью анализа искомых характеристик для различных проектов с целью дальнейшего анализа результатов.

Ключевые слова: стохастический проект, математическое ожидание, закон распределения, длительность, PERT, имитационная модель

Для цитирования: Олейникова С. А., Дятчина А. В. Моделирование и анализ длительности стохастического проекта // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 98–101.

Пусть имеется некоторый проект, представленный множеством работ. Каждая работа задана наименьшим, наибольшим и наиболее вероятным значениями длительности своего выполнения. Исследуется случайная величина, представляющая собой время выполнения всего проекта, в частности, интересны следующие проблемы:

- каким образом можно оценить ориентировочное время выполнения проекта;
- как найти вероятность выполнения всего проекта в заданном временном диапазоне (t_1, t_2) .

Данная задача относится к области управления проектами [1, 2]. В настоящее время из всех методов ее решения наиболее известен метод PERT. Он основывается на следующих предположениях:

- длительности всех работ могут быть аппроксимированы распределением бета;
- дисперсия всех работ оценивается по правилу трех сигм с помощью формулы

$$D \cdot \xi_j = \frac{(b_j - a_j)^2}{36}, j = 1, \dots, N. \quad (1)$$

Тогда математическое ожидание длительности проекта определяется формулой

$$M \cdot \eta = \sum_{i=1}^K M \cdot \xi_i. \quad (2)$$

Дисперсия длительности проекта определяется формулой

$$D \cdot \eta = \sum_{i=1}^K D \cdot \xi_i. \quad (3)$$

Здесь $\xi_1, \dots, \xi_K$ – случайные величины, стоящие на критическом пути; η – случайная величина, описывающая весь комплекс работ. Дисперсия этих величин оценивается по формуле (2), а математическое ожидание – по формуле

$$M \cdot \xi = \frac{(a_j + 4m_j + b_j)}{6}, j = 1, \dots, N. \quad (4)$$

Здесь a_j – наименьшее время для работы j ; b_j – наибольшее, а m_j – наиболее вероятное время. При этом предполагается, что величина η имеет нормальный закон распределения, и, следовательно, вероятность попадания случайной величины в любой временной интервал оценивается с помощью этого закона [3]:

$$P(t_1 < \eta < t_2) = F^*(t_2, a, \sigma) - F^*(t_1, a, \sigma). \quad (5)$$

Проверим данные утверждения метода с помощью аппарата имитационного моделирования. В качестве среды имитационного моделирования выберем AnyLogic, поскольку она содержит весь инструментарий, необходимый для проведения экспериментов [4], в частности, имеется возможность имитации выполнения работ с длительностью, распределенной по любому из стандартных законов (в том числе и по закону бета), задания последовательных или параллельных работ, а также специальной библиотеки для сбора статистики.

Целью является сбор данных о длительности выполнения проекта. Алгоритм формирования имитационной модели следующий:

- создание проекта в виде множества последовательно-параллельных работ;
- задание параметров длительности работ и оценка параметров бета-распределения, определяющих соответствующую случайную величину;
- задание алгоритма для проведения эксперимента;
- сбор данных и получение гистограммы проекта.

В среде AnyLogic была реализована модель проекта, представляющая собой множество взаимно-зависимых работ. Пример модели такого проекта представлен на рис. 1.

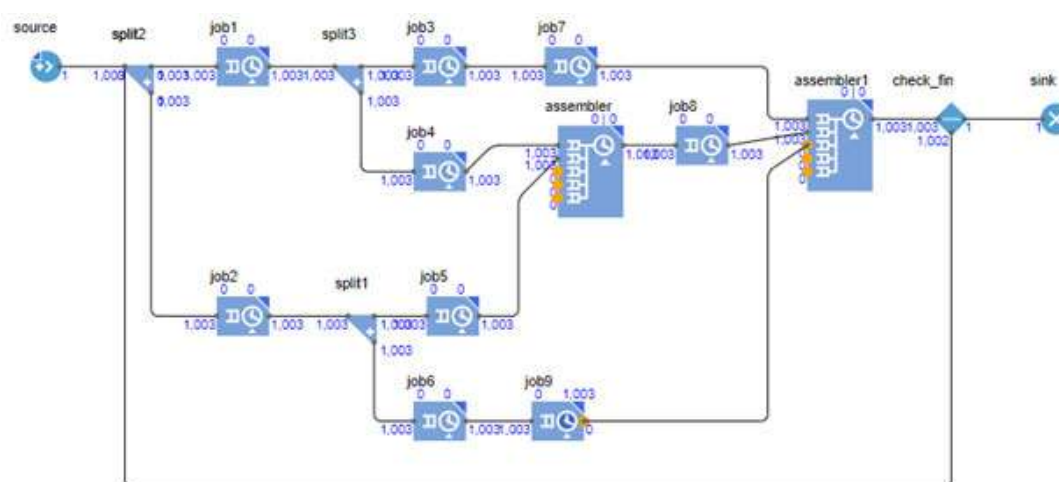


Рис. 1. Пример имитационной модели проекта

На этом рисунке с помощью объектов SERVICE, обозначенных $job1, job2, \dots$, смоделированы сами работы. Если для выполнения некоторой работы $i1$ необходимо завершение нескольких работ (например, работ $i2$ и $i3$), то между $i2, i3, i1$ помещается блок ASSEMBLER, позволяющий дожидаться окончания всех подсоединенных с помощью портов к нему работ, а потом уже приступить к следующей. Если по завершении некоторой работы $i1$ можно одновременно начать параллельные работы $i2, i3$, то между ними ставится блок SPLIT.

Параметры каждой работы были заданы тремя характеристиками a, b и m , по которым вычислены необходимые параметры бета-распределения. Эксперименты проводились в условиях:

- последовательных работ;
- параллельных работ;
- работ с разным видом взаимной зависимости.

Каждый такой тип модели исследовался в условиях разной специфики длительности работ. в частности, исследовались случаи:

- когда мода m в целом является серединой отрезка $[a, b]$;
- когда случайные величины, описывающие длительности работ, одинаково асимметричны (например, все работы с ярко выраженной положительной или отрицательной асимметрией);
- когда у разных работ разная асимметрия.

Всего было использовано более 50 разных структур проекта. С каждой моделью (с каждой структурой) было проведено несколько экспериментов, отличающихся параметрами длительностей. Систематизируем экспериментальные результаты.

В случае ярко выраженного единственного критического пути (или последовательных работ) математическое ожидание оценивается достаточно точно формулой (2). Математическое ожидание незначительно увеличивается при увеличении числа критических путей (при появлении параллельных работ).

Дисперсия не всегда точно оценивается формулой (3). В целом при увеличении количества параллельных путей дисперсия незначительно уменьшается.

Распределение итогового проекта зависит от числа работ на критическом пути и от распределения длительностей. Чем больше работ на критическом пути и чем более симметричное распределение имеют законы соответствующих длительностей, тем более симметричным выглядит искомое распределение и, как следствие, лучше аппроксимируется нормальным законом. В случае небольшого числа работ на критическом пути с асимметричными длительностями итоговое распределение также асимметрично (рис. 2).



Рис. 2. Гистограмма длительности проекта

Для каждого эксперимента оценивалось несколько вероятностей по формуле (5). В целом, обобщая вывод по полученным оценкам, можно заметить, что они недостаточно точны. Неточность повышается при увеличении асимметрии проекта.

Проведем анализ результатов эксперимента. Относительная точность оценки ожидаемой длительности обуславливается точностью формул (4). Формулы (1), наоборот, часто приводят к погрешностям для распределения бета. В связи с этим также наблюдается неточность в оценках дисперсии и, как следствие, в оценках вероятностей попадания случайной величины в некоторый временной диапазон. Стремление итоговой гистограммы к нормальному закону распределения обусловлено центральной предельной теоремой, а асимметрия при небольшом числе слагаемых – нарушением условий для ее выполнения.

В качестве выводов по полученным результатам хотелось бы отметить, что если получить более точную оценку дисперсии отдельных работ (например, зная оценку математического ожидания и моды), то и искомые характеристики могут получиться более точными. При этом необходимо учитывать асимметрию итогового закона (в частности, исходя из внешнего вида графиков, наилучшей аппроксимацией закона распределения длительности проекта будет распределение бета).

Таким образом, был получен инструментарий для оценки характеристик стохастических проектов. Были проведены многочисленные эксперименты, результаты которых позволили проанализировать факторы, влияющие на математическое ожидание, дисперсию, а также асимметрию итогового проекта и вероятности попадания соответствующей случайной величины в заданный временной интервал.

Список литературы

1. Бурков В. Н., Новиков Д. А. Как управлять проектами. М. : Синтег, 1997. 188 с.
2. Голенко-Гинзбург Д. И. Стохастические модели планирования и управления разработками : монография. Воронеж : Научная книга, 2011. 284 с.
3. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. М. : Физматлит, 2006. 816 с.
4. Borshchev A. The Big Book of Simulation Modeling. Multimethod Modeling with AnyLogic 6 // AnyLogic.ru. URL: <https://www.anylogic.ru>

Информация об авторах

Олейникова Светлана Александровна, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Автоматизированные и вычислительные системы», Воронежский государственный технический университет.

Дятчина Анастасия Владимировна, аспирант, Воронежский государственный технический университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.032.26

РАЗРАБОТКА НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НЕЙРОСЕТЕВОГО АНАЛИЗА КАРТОГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

А. А. Парвадов¹, А. Ф. Валько²

^{1, 2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ andreiparvadov@ya.ru

² aleksander.valk@rambler.ru

Аннотация. Рассматриваются вопросы проектирования навигационной системы на основе нейросетевого анализа картографической информации, принцип работы сверточной нейронной сети, применяемой для анализа изображений.

Ключевые слова: навигационная система, нейронные сети, распознавание изображений

Для цитирования: Парвадов А. А., Валько А. Ф. Разработка навигационной системы на основе нейросетевого анализа картографической информации // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 102–103.

В настоящее время все больше возрастает применение беспилотных аппаратов, например дронов. Они сравнительно просты в эксплуатации, за счет навесного оборудования в качестве полезной нагрузки могут выполнять широкий спектр задач. Дроны применяются в различных областях: аэрофотосъемка, сельское и лесное хозяйство, поисково-спасательные работы и т.д. Однако они имеют существенные недостатки [1]. Одним из таких недостатков является потеря возможности оператором контролировать полет дрона при потере связи. В такой ситуации беспилотник может оставаться на месте до восстановления связи, в худшем случае он совершит посадку в неизвестном месте, где его будет трудно обнаружить.

Решением данной проблемы может стать разработка навигационной системы, которая может управлять дроном при потере соединения с оператором и продолжить полет до пункта назначения. Для разработки подобной системы можно использовать методы, основанные на глубоком обучении, поскольку было показано, что они превосходят другие современные инструменты машинного обучения в большинстве аспектов компьютерного зрения, таких как распознавание объектов, понимание сцены и обнаружение ошибок.

В основе разрабатываемой системы лежит анализ нейронной сетью картографической информации. На вход в систему поступает изображение, полученное с камеры дрона. Изображение проходит предварительную обработку для устойчивости системы к различным условиям съемки. Затем обработанное изображение подается в нейронную сеть, где оно проходит этапы выделения признаков, классификации и сегментации обнаруженных объектов. По выделенным объектам система определяет местоположение дрона на местности и, исходя из полученной информации, направляет беспилотник на заранее намеченную точку, по пути корректируя направление полета.

Для распознавания изображений в компьютерном зрении чаще всего используются сверточные нейронные сети. В общем случае сверточная сеть состоит из двух частей – модуля извлечения

признаков, за которым следует классификатор. Модуль извлечения признаков сжимает входное изображение до более компактного представления в форме вектора признаков, с которым затем работает классификатор. Модуль извлечения признаков в сверточной сети — это повторяющаяся структура из сверточных, активационных и объединяющих слоев. Исходные данные проходят через эту структуру последовательно, слой за слоем. После преобразования входные данные передаются в слои классификации, где происходит объединение и интерпретация выделенных признаков [2].

В данной работе была предложена возможность создания навигационной системы на основе нейросетевого анализа картографической информации. Подобный подход имеет большой потенциал практического применения в областях, где требуются высокая точность и адаптивность навигации.

Список литературы

1. Бойко А. Области применения беспилотников. URL: <https://robotrends.ru> (дата обращения: 25.10.2024).
2. Анирад К., Сиддха Г., Мехер К. Искусственный интеллект и компьютерное зрение. Реальные проекты на Python, Keras и TensorFlow. СПб. : Питер, 2023. 624 с.

Информация об авторах

Парвадов Андрей Анатольевич, студент, Пензенский государственный университет.

Валько Александр Фёдорович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Системы автоматизированного проектирования», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 378.004

ВНЕДРЕНИЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ И НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В СФЕРУ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

М. Н. Полежаев¹, А. Г. Финогеев²

^{1, 2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ max.polezhaev.01@mail.ru

² alexeyfinoeev@gmail.com

Аннотация. Рассматриваются вопросы применения машинного обучения и нейронных сетей глубокого обучения в комплексных задачах прогнозирования, предиктивного и статистического анализа. В качестве основного механизма предиктивного анализа рассматриваются популярные модели нейронных сетей, а также нейронные сети с иными архитектурами, совмещающие в себе множество подходов.

Ключевые слова: нейронная сеть, машинное обучение, прогнозирование, глубокое обучение, архитектура нейронной сети, рекуррентные нейронные сети, глубокие нейронные сети

Для цитирования: Полежаев М. Н., Финогеев А. Г. Внедрение машинного обучения и нейронных сетей в сферу прогнозирования // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 104–106.

Введение

В современном мире все большую и большую актуальность обретают разработки в областях машинного обучения и нейронных сетей, применяясь разработчиками как в качестве аналогов уже существовавших технологий, так и внедряясь в уже существующие системы в качестве дополнительных модулей, таким образом повышая эффективность исходной системы или технологии [1]. Сферы применения подобных разработок зачастую включают в себя такие области, как:

1. Автоматизация.
2. Анализ данных.
3. Распознавание данных.
4. Генерация данных.
5. Прогнозирование данных.

В данном исследовании наибольший акцент будет ставиться именно на задачах прогнозирования, ведь само по себе прогнозирование является комплексным процессом, в котором в случае применения технологий, основывающихся на нейронных сетях, будут затрагиваться и иные сферы применения технологий машинного обучения. Традиционные методы прогнозирования, зачастую основанные на статистических моделях, имеют свои ограничения в плане предиктивного анализа сложных зависимостей, которые могут моделировать динамику изменения показателей иных факторов [2]. Поэтому в качестве более эффективного и, что не менее важно, более гибкого инструментария для анализа данных и прогнозирования будущих событий в последнее время ведутся разработки, где используются технологии глубокого обучения [3], в частности, модели рекуррентных нейронных сетей [2].

Глубокое обучение – вид машинного обучения, который фокусируется на использовании нейронных сетей для классификационных, регрессионных задач и задач по извлечению признаков [3]. Глубокое обучение поможет не только значительно повысить точность конечного результата, но и указать на другие, неявные критерии и закономерности, которые невозможно учесть с помощью традиционных методов прогнозирования.

Теоретический обзор

Задачи прогнозирования, использующие технологии глубокого обучения, зачастую сводятся к работе с огромными последовательностями самых разнообразных данных. Технология глубокого обучения предполагает использование нейронных сетей со множеством слоев, обычно от трех до нескольких сотен тысяч слоев. Большинство современных многослойных нейронных сетей обладают своей специализацией, комплексом задач, в которых они показывают наибольшую эффективность. Среди многослойных нейронных сетей, применяющихся в глубоком обучении, наиболее распространенными сетями являются:

1. Рекуррентные нейронные сети, они же сокращенно RNN. Преимущественно они созданы для того, чтобы эффективно работать с последовательностями данных [1].
2. Глубокие нейронные сети, они же сокращенно DNN. Эти модели способны выявлять и извлекать самые разные признаки из сложных данных, в частности, такие как трансформеры [4].

Рекуррентные нейронные сети – класс нейронных сетей, в которых все элементы образуют направленную последовательность, что позволяет обрабатывать серии событий во времени [1]. Также наиболее часто применяется такая разновидность RNN, как RNN LSTM, обладающая долговременной и кратковременной памятью. Благодаря внутренней памяти, которая позволяет учитывать предыдущие входы в контексте текущего ввода, RNN являются отличным инструментом для анализа. Главной проблемой RNN является проблема затухающего градиента при анализе больших данных (рис. 1).

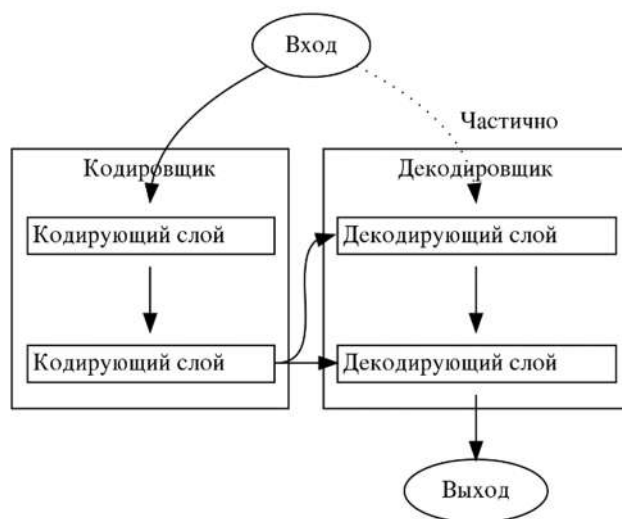


Рис. 1. Схема рекуррентной нейронной сети

Среди глубоких нейронных сетей отдельно стоит выделить такую модель машинного обучения, как трансформер, что сейчас активно набирает популярность ввиду ряда преимуществ в сравнении с RNN. Трансформер – архитектура глубоких нейронных сетей. Данная архитектура, как и рекуррентная нейронная сеть, направлена на работу с последовательностями данных, но, в отличие от RNN, работа трансформера проще поддается распараллеливанию, что приводит к ускорению обучения. Наиболее широкое применение данная архитектура получила в распознавании текста. В архитектуре трансформера

имеются слои внимания, которые позволяют выявлять и учитывать скрытые закономерности, тем самым повышая способность к анализу долгосрочных зависимостей и больших данных [5].

Интеграция моделей

Подходы, полагающиеся на классические модели нейронных сетей для прогнозирования, имеют множество ограничений при работе с большими данными. В качестве решения данной проблемы производится интеграция моделей.

Множество новых подходов к обработке и анализу данных в последовательности все больше полагаются на модели, интегрирующие или заменяющие в себе исходные элементы на элементы других моделей и архитектур, например, архитектура трансформера, где вместо рекуррентных слоев используется механизм внимания, который обрабатывает входные данные параллельно вне зависимости от порядка их поступления на вход модели [5], а LSTM слои используются при анализе данных [4]. Поэтому «гибридные» модели, объединяющие в себе элементы других моделей и архитектур, являются более эффективными в задачах прогнозирования.

Заключение

Основными ограничениями моделей нейронных сетей до сих пор остаются большие затраты вычислительных мощностей ЭВМ, время на обучение модели, а также на сегодняшний день невозможность нейронных сетей и иных технологий глубокого обучения работать в режиме реального времени [1].

Список литературы

1. Базаров С. А., Томилова Н. И. Архитектуры нейронных сетей для систем прогнозирования // Актуальные исследования. 2024. № 15-1 (197). С. 38–44.
2. Информационная система KazEdu : рабочая программа. URL: <https://kazedu.com> (дата обращения: 07.10.2024).
3. Martínez F., Frias M. P., Pérez-Godoy M. D., Rivas A. J. R. Time Series Forecasting by Generalized Regression Neural Networks Trained with Multiple Series // IEEE Access PP. 2022. Vol. 10. P. 3275–3283. doi: 10.1109/ACCESS.2022.3140377
4. Polezhaev M. N., Finogeev A. A. Predictive analysis of critical events indicators using a recurrent neural network with a transformer // Modern high technologies. 2024. № 4. P. 63–68. doi: 10.17513/snt.39974
5. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. [et al.]. Attention is all you need // Neural information processing systems. 2017. № 30. URL: <https://doi.org/10.48550/arXiv.1706.03762>

Информация об авторах

Полежаев Максим Николаевич, студент, Пензенский государственный университет.

Финогеев Алексей Германович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Системы автоматизированного проектирования», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.056.55

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛЕНИЯ ЭНТРОПИИ ВЫХОДНЫХ СОСТОЯНИЙ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ «БИОМЕТРИЯ – КОД» С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ АППРОКСИМАЦИИ

Н. А. Постников¹, А. П. Иванов²

^{1, 2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ postnikov.nikolai@gmail.com

² ap_ivanov@mail.ru

Аннотация. Исследуется метод оптимизации вычисления энтропии выходных состояний преобразователя «биометрия – код» путем использования полиномиальной аппроксимации. Предложенный алгоритм позволяет ускорить вычисление энтропии за счет предвычисления полинома, который аппроксимирует значения энтропии в зависимости от корреляции между элементами состояний. Актуальность задачи обусловлена необходимостью повышения уровня быстродействия систем аутентификации в условиях работы с ограниченными вычислительными ресурсами. Обсуждаются преимущества предложенного метода, и приводится анализ полученных результатов.

Ключевые слова: энтропия, полиномиальная аппроксимация, преобразователь «биометрия – код», оптимизация вычислений, корреляция

Для цитирования: Постников Н. А., Иванов А. П. Оптимизация вычисления энтропии выходных состояний преобразователя «биометрия – код» с использованием полиномиальной аппроксимации // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 107–110.

Введение

Большинство пользователей не используют уникальные пароли, что приводит к компрометации данных [1]. Одним из путей защиты данных является использование биометрии [2], так как преобразователь «биометрия – код» генерирует 32-символьный (256-разрядный) код, который не требует запоминания и подобрать который займет десятки лет [3].

Важной задачей является оценка случайности выходной последовательности преобразователя «биометрия – код», однако применяемая оценка случайности через энтропию Шеннона [4] требует при обработке данных высокой разрядности значительных временных ресурсов, которые не могут быть предоставлены в условиях вычислительных ограничений [5]. Для решения проблемы производительности предлагается использовать метод полиномиальной аппроксимации, который позволяет снизить вычислительную сложность за счет предварительного вычисления полиномов.

Оценка энтропии выходных состояний нейросетевых преобразователей «биометрия – код»

Согласно стандарту ГОСТ Р ИСО/МЭК 19795-1–2007 по испытанию биометрии [6] объем тестовых данных N в задачах оценки энтропии должен соответствовать формуле

$$N = 2^{(i+3)},$$

где i – количество разрядов кода.

Для 256-разрядной энтропии оценить необходимый объем данных на вычислительной машине практически невозможно [6], тем более на низкоразрядном микроконтроллере¹, но если произвести синтез таблиц точек номограммы связей шкалы Шеннона с показателем корреляционной сцепленности данных [6], то в дальнейшем можно использовать вычисленные значения для повышения быстродействия при оценке энтропии [7]. Это позволит снизить требования к аппаратной платформе преобразователей «биометрия – код». Если по полученным значениям таблицы предвычислить полином, то это позволит сократить объем используемой памяти за счет хранения значений полинома, а не таблицы.

Методика исследования

Для проведения исследования написана программа с использованием библиотек NumPy [8] и Matplotlib [9]. В начале выполнения программы создается последовательность со средним и стандартным отклонениями 0 и 1, соответственно, для моделирования выходных состояний преобразователя «биометрия – код». После формируется последовательность y по формуле

$$y = a \cdot x_sum + (1 - a) \cdot x,$$

где x – сгенерированная последовательность со средним и стандартным отклонениями 0 и 1, соответственно; a – коэффициент связывания со значениями от 0,01 до 0,95; x_sum – сумма всех значений последовательности x [6].

Затем при различных коэффициентах корреляции вычисляются значения энтропии и корреляции с целью создания зависимостей последовательности y , которые будут использоваться для аппроксимации. Для расчета энтропии методом Шеннона необходимо вычислить сумму вероятностей появления каждого значения, помноженного на логарифм от обратной вероятности значения:

$$H(x) = - \sum (p(x) \cdot \log(p(x))), H(x) = - \sum,$$

где p – вероятность появления каждого значения [6].

Для оценки коэффициента корреляции используется формула Пирсона – Эджуорта – Эдлтона:

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

где x_i и y_i – элементы последовательности; n – размер последовательности; $\bar{x}$ и $\bar{y}$ – выборочное среднее значение параметра.

На основе вычисленных значений энтропии и корреляции производится аппроксимация данных полиномом заданной степени. Коэффициенты полинома вычисляются методом наименьших квадратов [7] со степенью 15, что позволяет минимизировать ошибку аппроксимации.

После выполняется вычисление энтропии путем использования полинома в зависимости от корреляции с фиксацией времени выполнения для всех вычислений. На рис. 1 сравнивается время выполнения вычисления энтропии двумя методами: методом Шеннона и с использованием полиномиальной аппроксимации.

Из рис. 1 видно, что по мере увеличения разрядности кодовой комбинации значительно возрастает время выполнения вычисления энтропии методом Шеннона, тогда как использование

¹ ГОСТ Р ИСО/МЭК 19795-1–2007. Автоматическая идентификация. Идентификация биометрическая. Эксплуатационные испытания и протоколы испытаний в биометрии. Ч. 1. Принципы и структура. URL: docs.cntd.ru>document

полиномиальной аппроксимации позволяет время сократить, при этом получаемая энтропия методом Шеннона и полиномиальной аппроксимации идентична (рис. 2).

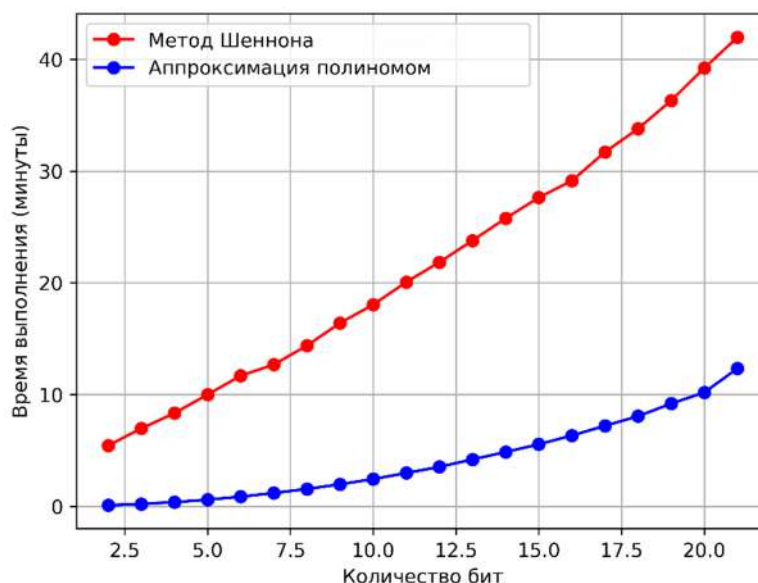


Рис. 1. Сравнение времени вычисления энтропии

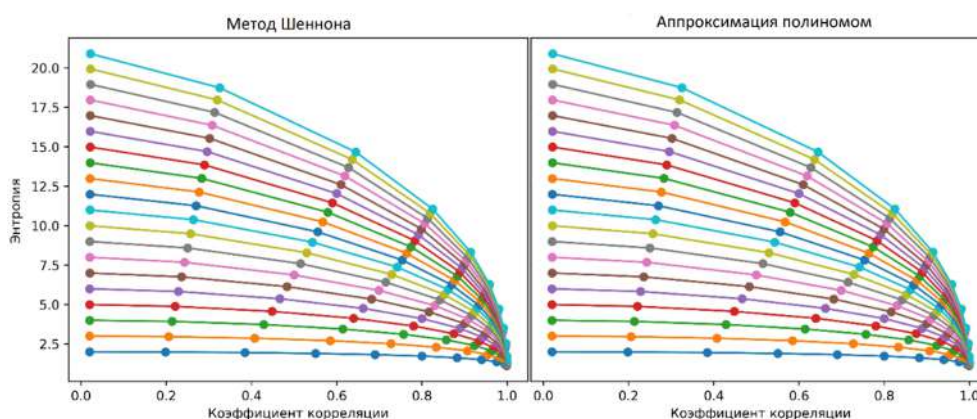


Рис. 2. Зависимости коэффициента корреляции от энтропии, вычисленной с использованием метода Шеннона и полиномиальной аппроксимации

Заключение

Предложенный метод оптимизации с использованием полиномиальной аппроксимации позволяет значительно сократить время вычисления энтропии при сохранении той же точности, что и при вычислении методом Шеннона. Метод оптимизации позволяет повысить производительность оценки энтропии выходных состояний преобразователя «биометрия – код», что важно при работе в условиях ограниченных вычислительных или временных ресурсов.

Список литературы

1. Psychology of Passwords. URL: <https://www.lastpass.com> (дата обращения: 20.10.2024).
2. Постников Н. А. Анализ методов и технологий биометрической идентификации // Новые информационные технологии и системы (НИТиС–2022) : сб. науч. ст. по материалам XIX Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 75-летию кафедры «Вычислительная техника» ПГУ (г. Пенза, 17–18 ноября 2022 г.). Пенза : Изд-во ПГУ, 2022. С. 140–143.

3. Сколько времени потребуется для взлома вашего пароля. URL: <https://hi-tech.mail.ru> (дата обращения: 20.10.2024).
4. Shannon C. E. A Mathematical Theory of Communication // Bell System Technical Journal. 1948. Vol. XXVII. P. 379–423.
5. Постников Н. А. Анализ микроконтроллеров форм-факторов UICC/SIM и SD с функциями криптографической обработки информации // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. по материалам X Всерос. науч.-практ. конф. (г. Пенза, 15 марта 2023 г.). Пенза : Изд-во ПГУ, 2023. С. 279–282.
6. Постников Н. А. Численный эксперимент по вычислению энтропии выходных состояний нейросетевого преобразователя «биометрия – код» // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. Пенза, 2024. С. 313–316.
7. Постников Н. А., Иванов А. П. Методы вычисления энтропии выходных состояний нейросетевых преобразователей «биометрия – код» // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». Пенза : Изд-во ПГУ, 2024. С. 339–341.
8. Трэвис Олифант. NumPy. URL: <https://numpy.org> (дата обращения: 20.10.2024).
9. Hunter John. Matplotlib – Visualization with Python. URL: <https://matplotlib.org> (дата обращения: 20.10.2024).

Информация об авторах

Постников Николай Андреевич, ассистент кафедры «Технические средства информационной безопасности», Пензенский государственный университет.

Иванов Алексей Петрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Технические средства информационной безопасности», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 519.677

ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ПРИ РЕШЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

А. П. Ремезова¹, Е. И. Яковлев²

^{1,2} Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова,
Магнитогорск, Россия

¹ remezova.nastysija@mail.ru

² yakovlev.ei@mail.ru

Аннотация. Математическое моделирование широко применяется в современной жизни в различных профессиях. Оно позволяет исследовать различные объекты и события, трудно изучаемые в реальной жизни. Для решения систем уравнений применяются численные методы. Рассматривается несколько методов, часто применяемых при решении математических моделей.

Ключевые слова: математическая модель, методы, аналитический метод, алгоритмический метод, численный метод, система уравнений

Благодарности: статья подготовлена под научным руководством кандидата технических наук, доцента кафедры «Вычислительная техника и программирование» Л. Г. Егоровой.

Для цитирования: Ремезова А. П., Яковлев Е. И. Численные методы, используемые при решении математической модели // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 111–113.

Введение

Математическая модель – математическое представление объектов, их движение и взаимодействие с помощью формул или систем, состоящих из этих формул [1]. Математической моделью являются графики, схемы, формулы и системы.

Моделирование применяется во многих сферах жизни и во многих профессиях, также для рассмотрения моделей слишком больших или малых размеров.

Использование математических моделей дает возможность изучать объекты, непосредственное исследование которых затруднено или невозможно, в частности, это могут быть дорогостоящие или опасные для здоровья процессы, которые нельзя повторить из-за физических или временных ограничений.

Математическое моделирование помогает делать правильный выбор, совершенствовать науку и создавать новые технологии. Угадывая, что может произойти в будущем, снижая риски и разумно используя ресурсы, оно помогает строить лучшее будущее.

Для того, чтобы решить задачу, необходимо проанализировать ее условие. Это позволит выявить все взаимосвязи между данными и искомыми величинами. Такой подход помогает лучше понять условие задачи и выбрать наиболее эффективный способ ее решения.

Основным преимуществом является разделение сложной проблемы на более простые компоненты. Аналитические методы решения моделей включают в себя поэтапное выполнение математических операций над исходной моделью, которые в итоге приводят к конечному результату.

Аналитическое решение – это способ, который применяется в несложных ситуациях, когда вся необходимая информация уже доступна и можно оперативно найти решение. Благодаря ему можно быстро получить точный результат. Численные методы – это действенный способ решения трудных задач, когда аналитический подход невозможен или требует слишком много времени и усилий для подробного анализа [2]. Они позволяют находить решения сложных нелинейных уравнений с необходимой точностью за приемлемое количество шагов.

Один из способов решения системы уравнения – упростить систему уравнений с помощью метода конечных разностей, а затем решить упрощенный вариант системы с помощью метода прогонки. Рассмотрим каждый метод поподробнее.

Метод конечных разностей

К достоинствам метода конечных разностей следует отнести его высокую универсальность, например, значительно более высокую, чем у аналитических методов. Применение этого метода нередко характеризуется относительной простотой построения решающего алгоритма и его программной реализации. Зачастую удается осуществить распараллеливание решающего алгоритма. К числу недостатков метода следует отнести: проблематичность его использования на нерегулярных сетках; очень быстрый рост вычислительной трудоемкости при увеличении размерности задачи (увеличении числа неизвестных переменных); сложность аналитического исследования свойств разностной схемы [3].

Данный метод основывается на четырех шагах:

1. Замена области с непрерывными изменениями на набор точек – узел. Все узлы вместе – сетка. Вместо функций, которые зависят от непрерывных аргументов, рассматриваются функции, зависящие от сетки. Уравнения и условия из задачи заменяются на дискретные аналоги. Получается сеточная схема.
2. Изучение свойств сеточной схемы. Определяется, насколько хорошо она приближена к решению задачи.
3. Создание алгоритма решения задачи и написание программы для ЭВМ. Проверка на работоспособность программного продукта.
4. Создание задач, которые можно решить точно. Используется другой метод для сравнения решения задачи с помощью программы с точным решением. Затем проверяется, насколько хорошо решение задачи сходится к точному решению при уменьшении количества точек в сетке.

Метод конечных разностей дает возможность преобразовать начальную задачу с граничными условиями в более простую задачу, которая заключается в поиске решения системы линейных или нелинейных алгебраических уравнений. Тип получаемой системы алгебраических уравнений определяется типом исходного дифференциального уравнения.

Метод прогонки

Метод прогонки – это один из вариантов метода Гаусса, который используется для решения систем линейных уравнений с трехдиагональной матрицей [4].

Процесс решения состоит из двух этапов:

1. Прямая прогонка – определение коэффициентов. На первом этапе вычисляются коэффициенты A_i и B_i , которые позволяют выразить каждое неизвестное x_i через x_{i+1} .
2. Обратная прогонка – вычисление неизвестных. На втором этапе последовательно находятся неизвестные x_i . Сначала вычисляется x_n , а затем, используя ранее найденные коэффициенты, последовательно определяются x_{n-1} , x_{n-2} и т.д.

Преимущество метода – его экономичность, т.е. эффективное использование структуры исходной системы. Недостаток – накопление ошибки округления с каждой итерацией.

Заключение

Для решения математических задач, когда точное решение найти трудно или невозможно, применяются численные методы.

Для реализации численного метода необходимо разработать программу для компьютера или использовать уже существующую.

После того как программа проверена и отлажена, можно приступать к вычислениям и анализу результатов. Полученные данные сравниваются с исследуемым явлением. При необходимости в численный метод вносятся изменения и уточняется математическая модель.

Список литературы

1. Сушков Ю. А. Аналитические модели систем : учеб. пособие. СПб. : С.-Петербург. ун-т, 2016. 67 с.
2. Буйначев С. К. Применение численных методов в математическом моделировании : учеб. пособие. Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2014. 70 с.
3. Дегтярев А. А. Метод конечных разностей : учеб. пособие. Самара : Изд-во СГАУ, 2011. 83 с. URL: <https://rucont.ru> (дата обращения: 20.10.2024).
4. Изаак Д. Д., Швалева А. В. Вычислительная математика : учеб.-метод. пособие. Орск : Изд-во Орского гуманитарно-технолог. ин-та (филиала) ОГУ, 2012. 97 с.

Информация об авторах

Ремезова Анастасия Павловна, студентка, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова.

Яковлев Евгений Иванович, студент, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 378:004

CHARGER WEBVIEWER: ИННОВАЦИОННОЕ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ГРАФАМИ

В. А. Савосин¹, И. Д. Кирмасов², Н. С. Карамышева³, С. А. Зинкин⁴

^{1, 2, 3, 4} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ vt@pnzgu.ru

² vt@pnzgu.ru

³ karamyshevans@yandex.ru

⁴ zsa49@yandex.ru

Аннотация. В условиях быстрого роста объемов данных и потребности в эффективной визуализации веб-приложение CharGer WebViewer является мощным инструментом для работы с графиками в концептуальном графическом редакторе intelligent CharGer. Он позволяет пользователям загружать графики из XML-файлов, визуализировать их с помощью технологий SVG и автоматически генерировать правила на языке SWI-Prolog. CharGer WebViewer обеспечивает интерактивное взаимодействие с графиками, что способствует более глубокому пониманию данных и облегчает процесс разработки логических программ. Приложение предназначено для разработчиков, исследователей и студентов, предоставляя им возможность эффективно анализировать и визуализировать данные.

Ключевые слова: визуализация данных, графы, CharGer WebViewer, SWI-Prolog, XML, SVG, интерактивность, логическое программирование, автоматизация

Для цитирования: Савосин В. А., Кирмасов И. Д., Карамышева Н. С., Зинкин С. А. CharGer WebViewer: инновационное веб-приложение для визуализации и взаимодействия с графами // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 114–117.

Введение

В наше время данные – это просто все, и, как их наглядно представить, это отдельная тема. Один из способов показать, как все связано и одно влияет на другое, – это графы. И вот тут необходимо веб-приложение CharGer WebViewer. Оно помогает рисовать графы и автоматически создавать правила на языке SWI-Prolog [1, 2]. В этой статье мы разберемся, что это за приложение, какие у него плюсы и кому оно может пригодиться.

Возможности CharGer WebViewer

1. Загрузка графов CharGer.

CharGer WebViewer предлагает уникальную функцию загрузки графов из XML-файлов, что значительно упрощает интеграцию данных в приложение (рис. 1). XML-формат обеспечивает структурированное хранение информации, что делает процесс импорта быстрым и интуитивно понятным. Пользователи могут сосредоточиться на анализе и визуализации графов, минуя необходимость ручного ввода данных, что экономит их время и усилия.



Рис. 1. Демонстрация пользовательского интерфейса

Пример 1. Допустим, ученый исследует взаимодействие различных видов растений. Он может создать XML-файл, включающий данные о видах и их связях, а затем загрузить его в CharGer WebViewer для углубленного анализа.

2. Визуализация графов.

CharGer WebViewer применяет технологию SVG (Scalable Vector Graphics) для отображения графов. Это обеспечивает возможность масштабирования, позволяя пользователям детально изучать различные графа. Визуализация графов в реальном времени помогает лучше понять структуру данных и выявить ключевые взаимосвязи между элементами. Графы представляются в наглядной форме, что делает их анализ более понятным (рис. 2).

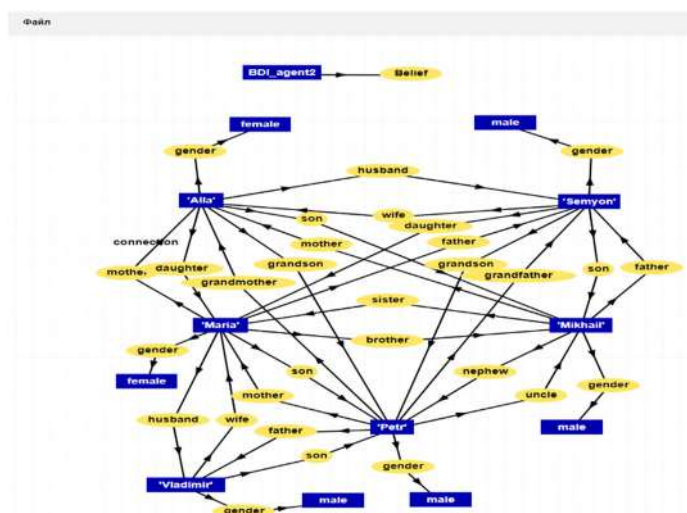


Рис. 2. Демонстрация возможности просматривать концептуальный граф любой сложности

Пример 2. Если представим социальную сеть в виде схемы, то ее элементы могут символизировать пользователей, а линии – их взаимодействие. Это дает возможность пользователю увидеть, как разные участники связаны между собой, и определить ключевых игроков в этой сети.

3. Генерация правил Prolog.

В CharGer WebViewer реализована функция автоматической генерации правил на языке SWI-Prolog. Программа анализирует связи между элементами графа и создает соответствующие правила. Данная функция упрощает работу разработчиков в области программного обеспечения и искусственного интеллекта. Внедрение автоматизации в процесс разработки логических правил ведет к улучшению общих показателей эффективности работы.

Пример 3. В случае, если в графе указано, что «А является другом Б» и «Б является другом В», система может автоматически создать правило: «Если А является другом Б, а Б является другом В, то А является другом В».

4. Интерактивность.

CharGer WebViewer – это приложение, позволяющее пользователям в режиме реального времени взаимодействовать с графами, наводя курсор мыши по ним, для просмотра дополнительной информации и выполнения запросов Prolog (рис. 3). Данный подход позволяет пользователям самостоятельно изучать графы и делать выводы.

Пример 4. Пользователь, исследующий граф, может нажать на узел «А» и увидеть его характеристики. Затем он может выполнить запрос, чтобы определить, какие узлы соединены с «А».

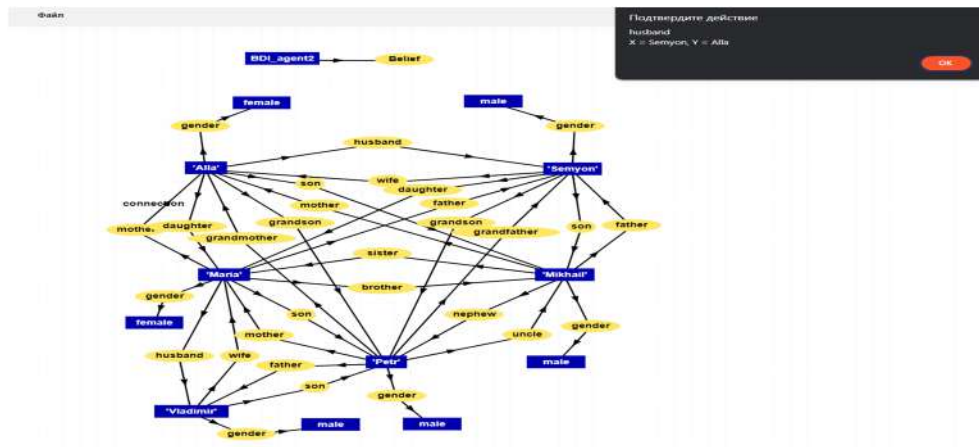


Рис. 3. Демонстрация работы имплементации Prolog при клике на эллипс отношения

5. Экспорт правил Prolog.

Правила, созданные в Prolog, можно сохранить в файле для дальнейшего применения в более усложненных программах. Функция экспорта файлов делает его из простого просмотра графиков в перспективное средство для разработки и усовершенствования программы (рис. 4).

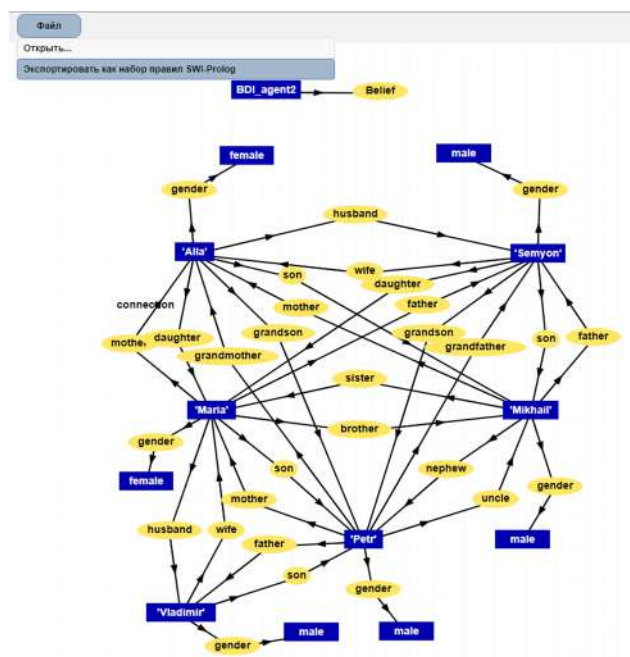


Рис. 4. Демонстрация работы экспорта графа как правил для Prolog

Пример 5. Пользователь может сохранить сгенерированные правила в файл и применять их, к примеру, в системе управления базами данных.

Преимущества CharGer WebViewer

Данное программа предоставляет множество полезных функций, что делает его информативным помощником для работы с графами:

– упрощение создания графов CharGer.

Программа значительно облегчает создание и визуализацию графов. Пользователи могут быстро загружать свои данные и получать полную информацию о структуре графа;

– интерактивное изучение графов.

Интерактивный интерфейс CharGer помогает пользователю информативно и в то же время просто воспринимать графы;

– экспорт для дальнейшего использования.

Функция экспорта сгенерированных правил Prolog дает возможность пользователями интегрировать свои разработки в последующие проекты.

Заключение

CharGer – это веб-приложение, которое значительно облегчает работу с графами и автоматизирует создание правил на языке Prolog. Используя функции визуализации, интерактивности и экспорта, он становится полезным помощником для разработчиков и обычных пользователей [3, 4]. В настоящее время развития технологий наше решение, такое как CharGer WebViewer, будет актуальным еще очень долгое время.

Список литературы

1. Братко И. Программирование на языке Пролог для искусственного интеллекта. М. : Мир, 1990. 560 с.
2. Клоксин У., Меллиш К. Программирование на языке Пролог. М. : Мир, 1987. 336 с.
3. Осуга Сэцуо. Обработка знаний. М. : Мир, 1990. 292 с.
4. Чекко Р. Графика на JavaScript. СПб. : Питер, 2013. 272 с.

Информация об авторах

Савосин Владислав Алексеевич, студент, Пензенский государственный университет.

Кирмасов Иван Дмитриевич, студент, Пензенский государственный университет.

Карамышева Надежда Сергеевна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Вычислительная техника», Пензенский государственный университет.

Зинкин Сергей Александрович, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Вычислительная техника», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.432.2

СРАВНЕНИЕ ЯЗЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ C++ И PYTHON ДЛЯ РАБОТЫ С МАШИНЫМ ОБУЧЕНИЕМ

К. С. Симакин¹, А. Р. Акчурин², А. Г. Михалев³

^{1, 2, 3} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ simakinkonstantin@gmail.com

² jkreuz.zip@mail.ru

³ mag@pnzgu.ru

Аннотация. Машинное обучение – это область искусственного интеллекта, суть которой заключается в разработке модели поведения, позволяющей компьютерам «обучаться» на основе полученных данных. Модель анализирует предоставленные данные, выявляет закономерности, делает выводы и на основе этого может анализировать ситуации, которые не были заранее запрограммированы. Актуальность такого подхода обусловлена его применением во многих отраслях, что делает машинное обучение одним из важнейших инструментов для улучшения жизни. Выбор языка программирования для создания такой системы играет ключевую роль, так как он влияет на производительность продукта и эффективность разработки. Выполнен сравнительный анализ эффективности языков программирования в контексте разработки машинного обучения на примере языков программирования Python и C++.

Ключевые слова: искусственный интеллект, машинное обучение, Python, C++, графический процессор, TensorFlow, PyTorch

Для цитирования: Симакин К. С., Акчурин А. Р., Михалев А. Г. Сравнение языков программирования C++ и Python для работы с машинным обучением // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 118–120.

Машинное обучение – это наука, изучающая алгоритмы, автоматически улучшающиеся благодаря опыту [1].

Одними из широко используемых языков программирования для работы в сфере машинного обучения являются Python и C++. Рассмотрим сильные и слабые стороны этих двух инструментов.

Python является очень популярным языком программирования, который активно используется для работы с машинным обучением. Одна из причин этого – простота его синтаксиса.

Этот язык обладает динамической типизацией, из-за чего можно не отвлекаться на явное указание типов переменных, аргументов и возвращаемых значений функций. Python также не требует какой-то определенной структуры программы, например, функции `main`, как в C-подобных языках программирования.

Python обладает огромным количеством встроенных модулей, с помощью которых можно решить множество разнообразных задач. Благодаря широкой распространенности Python эти модули хорошо задокументированы. Python – интерпретируемый язык, из-за чего код можно выполнять не целиком, а построчно, что делает отладку более простой и гибкой.

Данные преимущества делают этот язык очень удобным инструментом разработки.

C++ также используется при разработке в сфере машинного обучения. Его основные преимущества – это высокие производительность и контроль над системными ресурсами. Он является

одним из самых «быстрых» языков программирования. В задачах, связанных с большими вычислительными нагрузками, такими как обработка данных и обучение нейронных сетей, скорость работы играет одну из ключевых ролей.

Одним из преимуществ языка C++ является гибкая работа с памятью, что позволяет лучше оптимизировать итоговый продукт. Внутри языка присутствует стандартная библиотека шаблонов (STL), в которой крайне эффективно реализованы многие полезные структуры данных, функции для работы с ними и другие средства разработки.

Язык C++ считается одним из сложнейших современных языков программирования. Он обладает не самым простым синтаксисом, работа с памятью чревата ее утечками, так как отсутствует механизм сборки мусора, что делает работу очень трудоемкой. Также некорректная работа с памятью в C++ может обернуться недетерминированным поведением программы.

Таким образом, язык программирования C++ позволяет писать высокоскоростные программы, но за это нужно платить сложностью написания кода.

Стоит сказать, что при работе в сфере машинного обучения следует учитывать развитие вычислений с помощью графического процессора. Графические процессоры предлагают возможности параллелизма, что привело к созданию таких библиотек, как CUDA Python, cuDNN и др., в которых фактические вычисления для машинного обучения перекладываются с центрального процессора на графический. Такие технологии приближают время обработки на языке Python ко времени на C++, что впоследствии делает последний менее актуальным.

Современная разработка в области машинного обучения невозможна без профильных библиотек, которые предоставляют эффективные реализации вычислений над матрицами, векторами и другими математическими структурами. Использование библиотек позволяет разработчикам сосредоточиться на разработке моделей и алгоритмов, сократив время, требующееся на оптимизацию низкоуровневых вычислений.

Существует большое количество разнообразных библиотек для работы с машинным обучением.

TensorFlow [2] – одна из самых популярных библиотек для работы с машинным обучением.

Она обладает широким функционалом, например, поддерживает автоматическое вычисление градиентов для параметров моделей. TensorFlow предоставляет разные математические функции, метрики, средства визуализации. В этой библиотеке реализованы различные методы оптимизации, например, стохастический градиентный спуск. TensorFlow имеет API (application programming interface) для Python, C++ и некоторых других языков [3].

PyTorch [4] – еще одна популярная библиотека для работы с машинным обучением. PyTorch также содержит в себе разнообразные реализации математических функций, метрик, собственные оптимизированные реализации матриц, а также функции работы с ними.

Python является основным языком для работы с PyTorch. Он обеспечивает эффективную экосистему библиотек и инструментов для машинного обучения. Также у PyTorch присутствует полноценный C++ API, предоставляющий возможность использовать функционал библиотеки без необходимости обращаться к языку Python.

Подводя итоги сравнению C++ и Python для работы с машинным обучением, можно сделать вывод, что оба этих языка могут успешно использоваться в данной сфере. Однако язык Python является более предпочтительным. Несмотря на высокую эффективность кода на C++, сложность и длительность разработки делают этот язык не самым удачным выбором для большинства проектов. Единственным значительным преимуществом C++ является его высокая производительность, которая может сыграть ключевую роль в проектах, где скорость выполнения и эффективное использование ресурсов являются приоритетом. В остальных же случаях выбор языка Python для разработки будет более рациональным.

Согласно опросу 2024 Stack Overflow Developer Survey [5], большинство профессиональных разработчиков, работающих с машинным обучением, отдают предпочтение Python, что подтвер-

ждает его статус как основного инструмента для тех, кто стремится быстро и эффективно реализовывать свои идеи в данной области.

Список литературы

1. Федотов С., Сеницын Ф. Учебник по машинному обучению // Яндекс образование. URL: <https://education.yandex.ru> (дата обращения: 12.10.2024).
2. TensorFlow Guide // TensorFlow. URL: <https://www.tensorflow.org> (дата обращения: 15.10.2024).
3. API Documentation // TensorFlow. URL: <https://www.tensorflow.org> (дата обращения: 15.10.2024).
4. PyTorch Documentation // PyTorch. URL: <https://pytorch.org> (дата обращения: 18.10.2024).
5. 2024 Stack Overflow Developer Survey // Stack Overflow. URL: <https://survey.stackoverflow.co> (дата обращения: 19.10.2024).

Информация об авторах

Симакин Константин Сергеевич, студент, Пензенский государственный университет.

Акчури Али Радикович, студент, Пензенский государственный университет.

Михалев Андрей Геннадьевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение электронных вычислительных машин», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.031.43

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЫ

А. С. Солеев¹, О. А. Погодин², А. Д. Ерзюков³, Д. С. Мартынов⁴

^{1, 2, 3, 4} Нижегородский государственный
технический университет им. Р. Е. Алексеева, Нижний Новгород, Россия

¹ soleev.alex@gmail.com

² pogodin-olezhka@inbox.ru

³ erzukov.artem@yandex.ru

⁴ martynov-dmitriy@yandex.ru

Аннотация. С позиции системного анализа человеческий организм относится к категории систем сложной структуры. Поэтому задача мониторинга состояния обследуемого связана с одновременным сбором и анализом параметров состояния не только самого обследуемого, но и ряда параметров состояния окружающей среды, т.е. одновременной обработкой данных, получаемых из разнородных источников. Особенно это актуально для выполнения мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы человека ввиду явного проявления в зрелом возрасте нарушения эластичности сосудов, поражения органов дыхания и других хронических заболеваний. Задача разработки носимой системы мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы считается хорошо проработанной лишь для ограниченного набора параметров: частоты сердечных сокращений, регистрируемой при помощи носимого электрокардиографа, датчика дыхания и датчика движения. В то же время данный подход не позволяет анализировать такие патологии кровотока, как асимметрия, проявление явной зависимости частоты сердечных сокращений от изменения погодных условий и психоэмоционального состояния обследуемого. Рассматривается возможное решение задачи обработки многомерных данных, полученных из разнородных источников, за счет использования так называемых «меток времени», которые привязываются к получаемым данным. Такой подход позволит обеспечить процесс практически бесшовной передачи полученных данных мониторинга для дальнейшей обработки в специализированных центрах обработки данных медицинских учреждений.

Ключевые слова: кардиомониторинг, распределенные системы, многомерные данные, логические часы, метки времени

Благодарности: статья подготовлена под научным руководством доктора технических наук, профессора Д. В. Жевнерчука.

Для цитирования: Солеев А. С., Погодин О. А., Ерзюков А. Д., Мартынов Д. С. Система мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 121–124.

Развитие средств вычислительной техники дало возможность для создания широкой номенклатуры устройств, так или иначе выполняющих функции онлайн-мониторинга состояния здоровья человека. Это и различные «умные часы», оснащенные акселерометрами – датчиками движения и оптическим датчиками для регистрации пульсовой волны поверхностного кровотока в области запястья, и специальные медицинские устройства, предназначенные для длительного мониторинга состояния сердечно-сосудистой системы (ССС). Зачастую это достаточно дорогие устройства, функциональные возможности встроенных микропроцессоров которых слишком избыточны. Это дает

возможность для более качественного анализа собираемых многомерных данных о состоянии здоровья обследуемых. Но по тем или иным причинам производители подобных устройств не заинтересованы представлять накапливаемые данные в соответствии с требованиями структурированного электронного медицинского документа (СЭМД), что не позволяет их использовать в рамках действующей в России Единой государственной информационной системе в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ).

В то же время для широкого круга исследователей доступны недорогие пульсоксиметрические датчики, которые можно подключать к широкой номенклатуре современных микропроцессоров и микроконтроллеров, что позволяет разрабатывать и собирать свои образцы подобных устройств, обеспечивая расширенный функционал, позволяющий решить задачу передачу данных в центр обработки данных (ЦОД) специализированного медицинского учреждения и отображения их в СЭМД.

В данной работе описывается результат разработки опытного образца носимой системы мониторинга состояния ССС человека, использующей данные от более чем одного оптического датчика пульса. Представлены алгоритмы, использованные для подавления шумов самих датчиков, и алгоритмы выявления пиков пульсовой волны. Также рассмотрено решение задачи работы с «локальными логическими часами», позволяющей обеспечить однозначную трактовку времени получения данных при обработке данных в ЦОД.

В качестве аппаратной платформы для построения прототипа носимой системы мониторинга был выбран 8-разрядный микроконтроллер (МК) ATmega326P с тактовой частотой 16 МГц и производительность 16 MIPS [1]. Данный микроконтроллер оснащен встроенным 10-разрядным аналого-цифровым преобразователем (АЦП), работающим с частотой 10 кГц. Такой производительности вполне хватает для подключения к МК порядка 10 датчиков, опрашиваемых не чаще 100 раз в секунду, и первичной обработки данных непосредственно в самом МК. В настоящей работе используется всего два оптических датчика пульсовой волны, подключенных к МК.

Следует отметить, что в настоящее время доступ к официальному сайту компании Microchip, производителю данного МК, закрыт для доступа из российского сегмента сети Интернет. Поэтому документацию по МК приходится искать на доступных «зеркалах». Однако данный МК получил широкое распространение в среде разработчиков устройств на МК ввиду своей доступности, наличия отлаженных библиотек и средств разработки. Можно сказать, что сейчас в России сформирована устойчивая экосистема по разработке на данном МК.

Программное обеспечение для разработанного устройства было написано на высокоуровневом языке C++, обеспечивающем как высокую скорость разработки, так и переносимость кода. Использование языка C++ существенно упростило программную реализацию методов цифровой обработки сигналов по сравнению с реализацией этих алгоритмов непосредственно на языке ассемблер. Встроенные методы алгоритмической оптимизации позволяют исключить снижение скорости работы программ, написанных на языке C++, по сравнению с программами, написанными на языке ассемблер.

На первом этапе работы была реализована схема передачи данных с МК для хранения и обработки на персональный компьютер, подключенный к МК через последовательный порт. Это позволило решить задачи выбора размера «окна», используемого в методе следящего среднего, используемого для первичного подавления шумов оптических датчиков пульсовой волны (рис. 1).



Рис. 1. График сырого сигнала с одного датчика

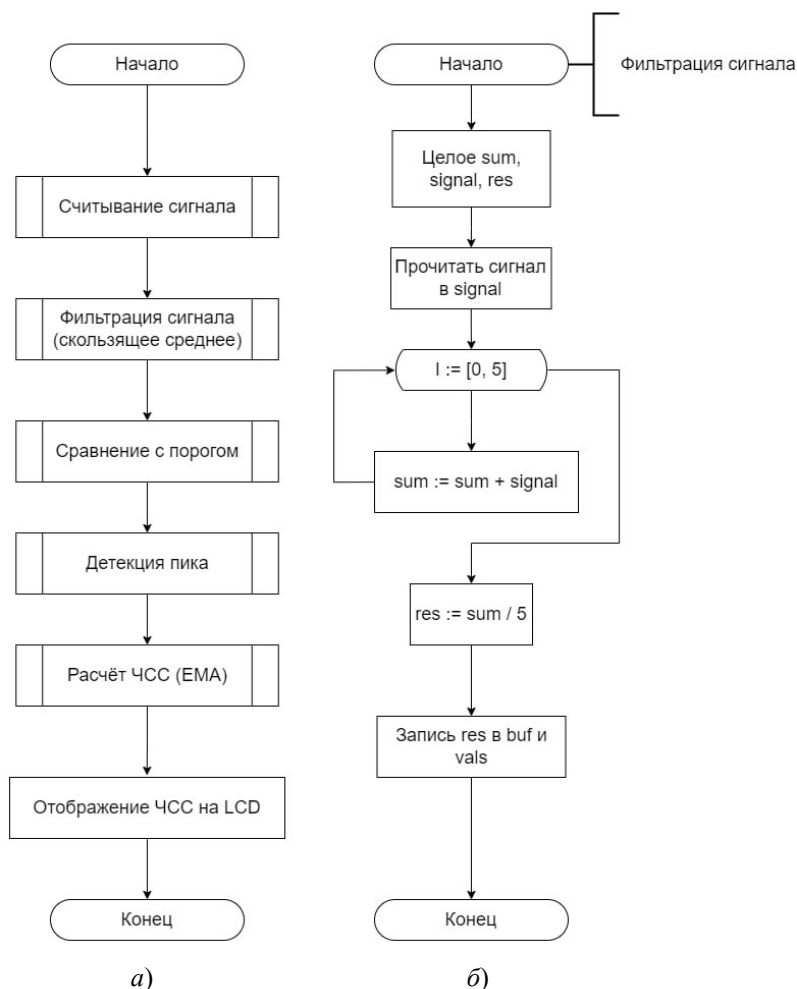


Рис. 3. Блок-схемы алгоритмов:
а – линейный алгоритм; б – алгоритм фильтрации шумов

Список литературы

1. ATmega326P Documentation. URL: <https://www.microchip.com> (дата обращения: 29.10.2024).
2. Косяков М. С. Введение в распределенные вычисления : учеб. пособие. СПб. : НИУ ИТМО, 2014. 155 с.

Информация об авторах

Солеев Александр Сергеевич, студент, Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева.

Погодин Олег Александрович, студент, Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева.

Ерзюков Артём Дмитриевич, студент, Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева.

Мартынов Дмитрий Сергеевич, старший преподаватель кафедры «Вычислительные системы и технологии», Нижегородский государственный технический университет им. Р. Е. Алексеева.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.8

КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ РЕКОМЕНДАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ АВИАПЕРЕЛЕТОВ

И. М. Староверов¹, В. Н. Князев²

^{1, 2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ ilstar01@yandex.ru

² knyazev@sura.ru

Аннотация. Представлена разработка оригинальной рекомендательной системы для авиаперелетов, основанной на гибридном подходе, включающем коллаборативную фильтрацию, графовые модели и методы машинного обучения. Предложенный подход включает в себе алгоритмы сингулярного разложения матрицы (SVD), графовые модели с алгоритмом PageRank и модель случайного леса, что позволяет повысить точность прогнозов и релевантность предложений. Система анализирует различные факторы для формирования персонализированных рекомендаций. Также описано проведенное тестирование системы в мобильном приложении для покупки и бронирования авиабилетов.

Ключевые слова: рекомендательная система, коллаборативная фильтрация, графовые модели, PageRank, машинное обучение, авиаперелеты, автоматизированные системы обслуживания авиапассажиров

Для цитирования: Староверов И. М., Князев В. Н. Комплексный подход к созданию рекомендательной системы для авиаперелетов // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 125–128.

В современном мире рекомендательные системы на базе искусственного интеллекта играют все более важную роль. Особенно это касается авиации, где они помогают путешественникам выбирать оптимальные рейсы, используя различные алгоритмы для персонализации предложений [1]. Эффективность этих систем доказана увеличением конверсии, а также упрощением планирования путешествий у крупных авиакомпаний и сервисов, таких как «S7 Airlines», «Booking.com» и «Авиасейлс». В статье описывается разработка оригинальной гибридной системы, анализирующей предпочтения пассажиров и другие показатели для улучшения выбора авианаправлений.

Разработка эффективной рекомендательной системы состоит из нескольких основных этапов, таких как сбор данных, их обработка, обучение моделей и предоставление рекомендаций. Рассматриваемая система применяет гибридный подход, который объединяет методы коллаборативной фильтрации, использование графовых моделей и машинного обучения. Основные компоненты системы представлены на рис. 1.

На этапе сбора данных из базы данных аэропорта извлекаются различные данные, такие как история просмотров городов, информация о покупках и предварительных бронированиях авиабилетов, данные о предпочтениях, интересах пользователей мобильного приложения и сезонные тренды популярности городов.

Для прогнозирования предпочтений пользователей используются разные модели. Коллаборативная фильтрация включает метод SVD, модель случайного леса для вычисления вероятности выбора авианаправления и линейную регрессию для обработки и интеграции результатов. Графовые

модели моделируют города и перелеты как ориентированный граф. В графе алгоритм PageRank оценивает вероятность посещения города.

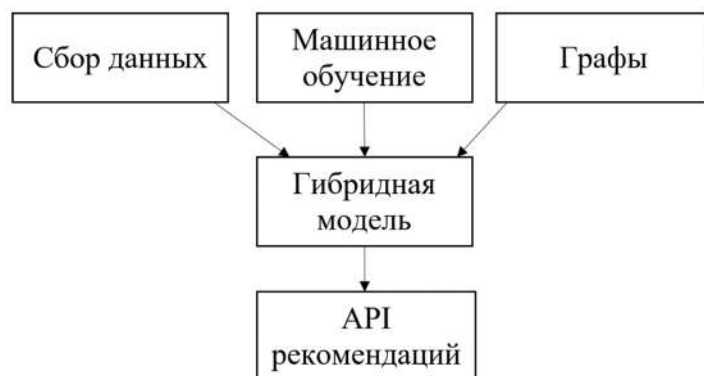


Рис. 1. Основные компоненты рекомендательной системы

Гибридная модель объединяет результаты всех методов, используя линейную регрессию для окончательного формирования коэффициентов предпочтений городов. Взаимодействие системы с мобильным приложением для покупки и бронирования авиабилетов происходит через API. Данный интерфейс предоставляет рекомендации на основе профиля пользователя и его активности.

Процесс взаимодействия включает сбор данных, их обработку и обучение моделей. С помощью API мобильное приложение выполняет авторизацию, получает рекомендации и обновляет информацию о пользователе. Приложение выводит полученные рекомендации с наибольшими коэффициентами приоритета в интерфейсе и отправляет обновленные данные на сервер при изменении предпочтений.

Создание рекомендательной системы осуществлялось на языке программирования Python. Сначала формировалась матрица взаимодействий «пассажир – город», где строки представляют пассажиров, а столбцы – города. Значения ячеек отражают степень взаимодействия пассажира с городом на основе его активности.

Для коллаборативной фильтрации использовалось сингулярное разложение (SVD), позволяющее вычислить факторы пассажиров и городов, которые помогают прогнозировать предпочтения пользователей [2].

Графовые модели применялись для представления городов и перелетов в виде ориентированного графа, где узлы – это города, а ребра – вероятности перелетов [3]. Для ранжирования городов использовался алгоритм PageRank, который вычисляет вероятность посещения каждого города на основе структуры графа и активности пользователей [4].

Случайный лес, как метод машинного обучения, помогает прогнозировать интересы пользователей, обучаясь на данных об их предпочтениях [5]. Модель случайного леса определяет коэффициент предпочтений пассажира к конкретному городу, используя один из методов кодирования для категориальных признаков.

Разработанная гибридная модель объединяет результаты коллаборативной фильтрации, графовых моделей и случайного леса, определяя коэффициенты предпочтений с помощью линейной регрессии и сохраняя их в базе данных.

Рекомендации предоставляются пользователям через мобильное приложение, которое позволяет просматривать, покупать и бронировать авиабилеты, отображать информацию о рейсах, управлять данными пассажиров и изменять их предпочтения. Процесс предоставления рекомендаций реализован через контроллер, созданный на платформе ASP.NET с применением шаблона MVC. Данный контроллер получает из базы данных и отправляет в мобильное приложение отсортированный по уменьшению коэффициентов предпочтений конкретного пассажира список городов.

Пример вывода рекомендованных авианаправлений из мобильного приложения представлен на рис. 2.

Откуда

Куда

Дата вылета **21.10.2024**

Рекомендованные направления:

Ереван

Сочи

Пенза

ВЫВЕСТИ СПИСОК РЕЙСОВ

Продажа Выкуп брони Возврат билета Другое

Рис. 2. Пример вывода рекомендованных авианаправлений

В данном случае пассажир регулярно совершает рейсы в Сочи и Пензу, поэтому система предлагает ему эти направления. Также он несколько раз посещал Нижний Новгород. Учитывая тот факт, что в его профиле указано высокое предпочтение к историческим местам, ему система дополнительно рекомендует посетить Ереван, где он еще не был.

Таким образом, описан процесс создания и тестирования оригинальной рекомендательной системы для авиаперелетов, помогающей пассажирам находить подходящие направления. Система использует гибридный подход, который объединяет коллаборативную фильтрацию, использование графовых моделей и машинного обучения. При этом система обеспечивает достаточно точные персонализированные рекомендации, в чем можно убедиться при тестировании мобильного приложения по продаже и бронированию авиабилетов.

Список литературы

1. Староверов И. М., Князев В. Н. Вопросы разработки рекомендательной системы для автоматизированной системы обслуживания авиапассажиров // Информационные технологии в науке и образовании. Проблемы и перспективы : сб. ст. по материалам XI Всерос. науч.-практ. конф. Пенза, 2024. С. 169–172.

2. Гомзин А. Г., Коршунов А. В. Системы рекомендаций: обзор современных подходов // Труды Института системного программирования РАН. 2012. Т. 22. С. 401–418.
3. Понизовкин Д. М. Построение оптимального графа связей в системах коллаборативной фильтрации // Программные системы: теория и приложения. 2011. № 4. С. 107–114.
4. Полякова О. С., Подлесный А. О. PageRank. Алгоритм ссылочного ранжирования // Наука и современность. 2013. Т. 1, № 20. С. 154–157.
5. Чистяков С. П. Случайные леса: обзор // Труды Карельского научного центра РАН. 2013. № 1. С. 117–136.

Информация об авторах

Староверов Илья Михайлович, студент, Пензенский государственный университет.

Князев Виктор Николаевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение электронных вычислительных машин», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.032.26

РАЗРАБОТКА НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ИГРОВЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ

М. Д. Суворов¹, Н. А. Попова²

^{1, 2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ maksimsuvorovru@gmail.com

² popov.tasha@yandex.ru

Аннотация. Для выявления ключевых тенденций формирования и развития технологий в игровом искусственном интеллекте были проанализированы результаты применения нейронных сетей и дерева поведения. Дерево поведения является традиционным подходом к проектированию искусственного интеллекта. Подход оказался ограниченным в вариативности и скорости принятия решений, что затрудняет адаптацию и расширение игрового процесса. Применение нейронных сетей позволяет реализовывать оригинальные и реалистичные игровые сценарии, однако усложняет интеграцию и поддержку. Применение нейронных сетей при проектировании игрового искусственного интеллекта можно рассматривать как новый этап эволюции технологий искусственного интеллекта, направленных на создание интерактивных игровых миров.

Ключевые слова: искусственный интеллект, нейронные сети, машинное обучение, дерево поведения, алгоритмы моделирования поведения, Unity

Для цитирования: Суворов М. Д., Попова Н. А. Разработка нейронной сети для игровых приложений // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 129–132.

Индустрия цифровых развлечений, в частности видеоигр, постоянно развивается. Интерес к играм последние годы неукоснительно растет, запросы пользователей на реализм – тоже. Одним из способов добавления реализма в игру является создание необычных миров, функционирующих, развивающихся, а также изменяющихся от действий игрока. Такого эффекта можно достичь благодаря внедрению в проект искусственного интеллекта (ИИ) и машинного обучения. Широкое применение данных технологий во всех сферах человеческой жизни сделало их доступными как для больших корпораций, так и для маленьких команд. Применение же их в создании игр на сегодняшний момент не так распространено.

При разработке крупных игровых проектов зачастую необходимо писать сложный ИИ. Данную задачу решают с использованием паттерна Behaviour Tree или GOAP. В связи с этим поддержка кода сильно ухудшается, а добавление новых шаблонов поведения противника занимает большое количество времени. Также значительной проблемой становится полнофункциональное тестирование приложения при добавлении нового функционала. Существующие системы, ориентированные на машинное обучение игрового искусственного интеллекта, не предоставляют удобного и быстрого API. Создание программного обеспечения, позволяющего оптимизировать затраты времени на обучение, внедрение и тестирование, обеспечит повышение экономической эффективности проекта, а также качество моделирования поведения противника [1].

Разрабатываемое программное обеспечение должно представлять собой набор DLL-файлов для интеграции с Unity Editor и Unity Runtime, которые позволяют обучать ИИ-агентов на основе

задаваемых тестовых сред, а также сохранять результат обучения в YAML-файлы для дальнейшего использования в играх. Тестовая среда представляет собой уровни с набором вознаграждений за правильные действия ИИ, а также ИИ-агента, способного выполнять указанные действия. Программное обеспечение должно эксплуатироваться как в редакторе Unity Editor, так и в среде Unity Runtime.

Программа должна обеспечивать возможность выполнения перечисленных ниже функций:

- обучение ИИ-агентов в Unity Editor;
- сохранение результатов обучения модели в YAML-файлы;
- загрузка результатов обучения из YAML-файлов;
- использование обученных моделей в конечных программных средствах.

Для сравнения нейронных сетей и дерева поведений в рамках проектирования ИИ для имитации поведения противника следует сформулировать тест-кейсы.

ИИ будет тестироваться на игре «Захват флага». Правила игры следующие: нужно захватить флаг противника и донести его до своей базы. Атаковать противников можно только без наличия флага в руках.

Была определена структура для дерева поведения (рис. 1).

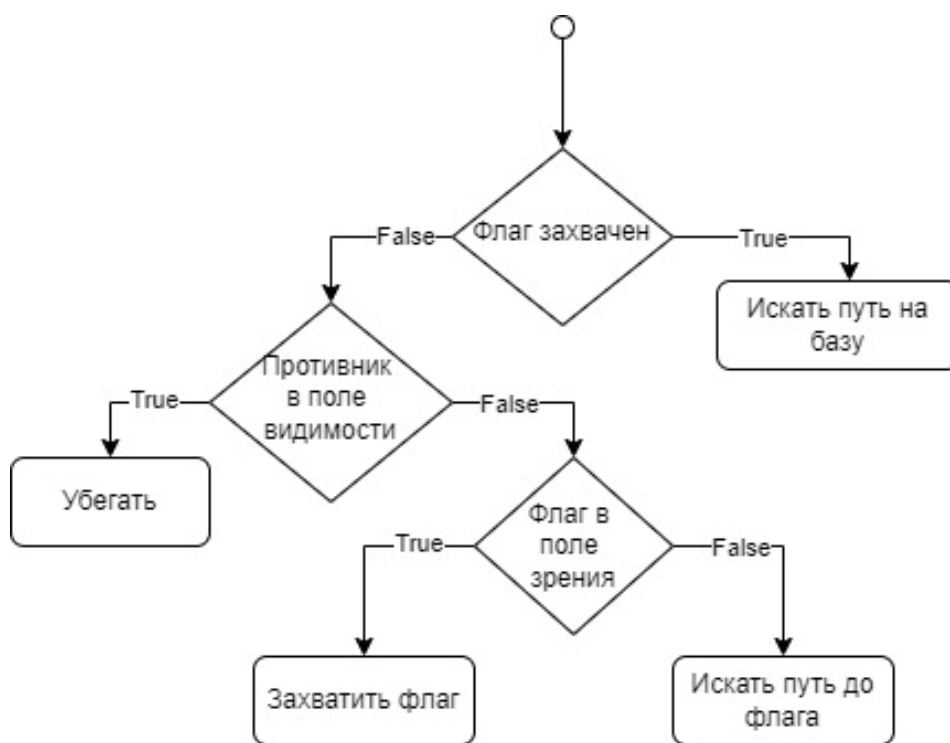


Рис. 1. Дерево поведения

Для нейронной сети определены следующие атомарные действия: атаковать, двигаться, захватить флаг, выбросить флаг.

Комбинации всех действий полностью покрывают дерево решений, а именно:

- атаковать;
- искать путь на базу;
- искать флаг;
- выбросить флаг;
- убегать от игрока;
- захватить флаг.

Главной особенностью является возможность комбинировать действия, например: Выбросить флаг – Убегать – Захватить флаг – Искать путь на базу.

Из этих атомарных действий может быть обучен ИИ-агент, полностью покрывающий все ветви поведения дерева поведений.

Для обучения и тестирования используется следующая тестовая локация, представляющая собой лабиринт (рис. 2).

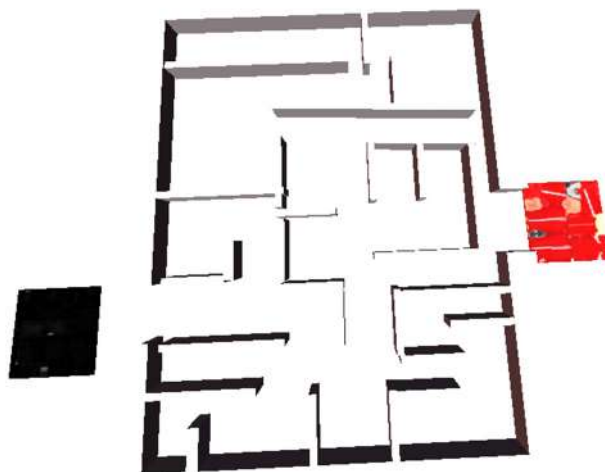


Рис. 2. Локация-лабиринт

Для оценки ИИ выделены следующие характеристики:

- количество вариантов поведения;
- скорость принятия решения;
- соотношения количества побед/поражений.

Можно теоретически оценить количество вариантов поведений для ИИ-агентов. Для дерева поведения это количество равно количеству листов в дереве, т.е. пяти. Для ИИ на основе нейронной сети количество поведений равно $n!$:

$$n! = 24.$$

Для оценки скорости принятия оценили алгоритмическую сложность выполнения дерева поведения. Для просчета каждого действия дерево поведения должно обновляться в заданный промежуток времени, для тестирования это 0,1 с. Обновление заключается в последовательном выполнении каждой ветки. В этом случае теоретическая оценка алгоритма будет $O(\log n)$. Для выполнения действий нейронной сети достаточно выполнить декартово произведение весов коэффициентов на нейрон, что соответствует сложности $O(1)$. Абсолютная скорость алгоритмов по времени выполнения для дерева поведения составляет 13 ms за кадр и 5 ms для нейронной сети [2]. Для сбора статистики по количеству побед/поражений было запущено 100 партий игры дерева поведения и нейронной сети. Результаты приведены в табл. 1.

Таблица 1

Результат объединения

Характеристики	Дерево поведения	Нейронная сеть
Количество вариантов поведения	5	24
Скорость принятия решения	13 мс $O(\log n)$	5 мс $O(1)$
Соотношения количества побед/поражений на 100 партий	0,2	0,8
Время введения в эксплуатацию (ч)	20	30

Применение нейронных сетей и машинного обучения при проектировании игрового ИИ показывает лучшие результаты в разнообразии вариантов поведенческих паттернов, в скорости принятия решений и в количестве побед. Слабой стороной этого подхода является сложность сопровождения и введения в эксплуатацию системы.

Список литературы

1. Eberly D. H. 3D-Game Engine Architecture. Boca Raton, FL. : CRC Press, 2005. 1003 p.
2. Рашид Т. Создаем нейронную сеть. М. : ДМК Пресс, 2018. 240 с.

Информация об авторах

Суворов Максим Дмитриевич, студент, Пензенский государственный университет.

Попова Наталия Александровна, кандидат технических наук, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение электронных вычислительных машин», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.932.72

ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ ПОИСКА ДЕФЕКТОВ ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ НА ИЗОБРАЖЕНИИ

А. Н. Тюлюмов¹, Н. В. Злыдарев²

^{1,2} Магнитогорский государственный технический университет
им. Г. И. Носова, Магнитогорск, Россия

¹ tulumov.a@yandex.ru

² nekit777.net@gmail.com

Аннотация. Целью исследования является обнаружение и выделение ржавчины на промышленных предприятиях путем обработки изображения, полученного при помощи беспилотного летательного аппарата. Нарушение сплошности краски может ухудшить работу предприятия или вовсе прекратить его деятельность, поэтому поставлена задача разработки модуля, с помощью которого происходит обнаружение дефекта на его ранних стадиях.

Ключевые слова: интеллектуальные системы, экспертная оценка, дефекты лакокрасочного покрытия, дефекты краски, беспилотные летательные аппараты

Благодарности: статья подготовлена под научным руководством доктора технических наук, профессора О. С. Логуновой.

Для цитирования: Тюлюмов А. Н., Злыдарев Н. В. Программный модуль для поиска дефектов лакокрасочного покрытия на изображении // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 133–136.

Дефекты оказывают большое влияние на промышленное предприятие. На всех промышленных предприятиях находятся сооружения и здания, за которыми необходим особый контроль. Каждое сооружение имеет свой ресурс, таким образом необходимо устраивать различного рода проверки для отслеживания состояния здания. Коррозия оказывает большое влияние на работу предприятия. Большое количество сооружений показывают высокую эффективность благодаря уходу за ними. Коррозия понижает эффективность производства и повышает риски на возникновение нештатной ситуации. Также из-за возникновения коррозии сооружение может прекратить свою работу. Например, обрушение такой конструкции серьезно повлияет на эффективность работы. Благодаря лакокрасочному покрытию ресурс промышленного здания повышается. Таким образом, здание может прослужить дольше, но для этого необходимо производить плановые проверки для отслеживания состояния лакокрасочного покрытия на промышленном сооружении. В среднем потеря производительности оценивается в 3–5 % в месяц. Коррозия может быть скрытой, или внутренней, для обнаружения и ремонта такого места потребуется гораздо больше времени.

Программа, которая способна определять такие дефекты, очень сильно упростит работу сотрудников предприятия. Этот инструмент разработан при помощи передовых технологий.

Поиском дефектов до внедрения данного продукта занимался человек. На это уходило большое количество времени. Таким дефекты могут находиться в труднодоступном для человека месте,

и для доступа к ним потребуется большое количество времени. Также присутствуют риски, человек подвергает себя опасности: находится на высоте для исследования. Прежде всего у данного метода исследования существуют свои преимущества и недостатки. Исследование здания таким образом имеет главное преимущество: человек, визуально оценив дефект, может дать ему профессиональную оценку и оценить критичность данного дефекта. Главный недостаток – это временные затраты на исследование.

Присутствует возможность обнаруживать дефекты с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА). У данного подхода есть свои преимущества и недостатки. Ключевым преимуществом является сокращение времени на поиск дефекта. Для исследования здания при помощи БПЛА не нужны различные приспособления и разрешения. Также, если рассматривать какой-либо труднодоступный дефект, для его исследования не понадобится сравнительно больших временных затрат. Но у такого подхода есть и недостатки, один из них – погодные условия. Для исследования здания необходимы хорошие погодные условия, потому что от этого зависит результат работы нашего алгоритма. Но, помимо этого, с фотографией дефекта нет возможности с точностью сказать, критичен ли он, присутствует возможность лишь визуально оценить его через фотографию. Для более точного результата в данном случае без помощи работника не обойтись. Но даже несмотря на это исследование здания при помощи БПЛА является безопасным и экономным для предприятия, вследствие этого разработан модуль для поиска ржавчины.

Предприятия постоянно развиваются и совершенствуются. Производственные процессы все чаще интегрируются с интеллектуальными системами. Такие интеллектуальные системы могут определять нарушения целостности покрытия на конструкции. Если в покрытии есть дефект, производственный объект быстро выйдет из строя. Например, если целостность покрытия нарушена, в дымоходе образуются очаги коррозии, а металл становится тоньше. В результате дымовая труба становится менее прочной и разрушается при сильных порывах ветра. На рис. 1 показаны дефекты лакокрасочной пленки на запущенной стадии.



Рис. 1. Дефекты лакокрасочного покрытия

Проблема обнаружения дефектов покрытия состоит в анализе существующих подходов и необходимости инноваций. В ходе эксплуатации промышленных объектов неизбежно возникают повреждения покрытий, что представляет потенциальную угрозу безопасности. Выявление таких дефектов является важной задачей.

Метод, описанный в статье [1], определяет границы поиска при помощи границы цвета. Таким образом, выделение пикселей на экране происходит путем отсеивания. Пиксели, подходящие под

необходимый диапазон, красятся в один цвет, а неподходящие остаются своего цвета. Недостатком этого метода является то, что программа некорректно работает с некоторыми типами фотографий.

В работе [2] изложено решение проблемы обнаружения расхождений лакокрасочной пленки с помощью методов компьютерного зрения. Рассматривается этап изучения фотографии конкретного участка. При построении метода описаны все элементы для его дальнейшей реализации в программных продуктах. Завершающим этапом использования метода на проанализированных фотографиях является подсчет выделенных участков. Для проверки работоспособности программного продукта произвольно берутся фотографии поперечного сечения металлических объектов с нарушением целостности в виде газовых отверстий. Для поиска повреждений целостности на изображении применяется метод анализа топологической структуры бинарных изображений. Используемые алгоритмы универсальны и могут распознавать дефекты и на других объектах. Недостатком этого метода является узкий диапазон поиска. Невозможно гарантировать высокую точность обнаружения нарушений целостности покрытия.

В работе [3] описаны результаты пилотных экспериментов. Главная задача – найти наилучший вариант облета промышленных зданий. Необходимо было выбрать наилучшие условия для проведения съемок. Таким образом, лучше делать съемки в дневное время суток при солнечной погоде. Также следует избегать мест с обильным оттенением места с дефектом. В качестве объектов были выбраны промышленные трубы. На рис. 1 показаны дефекты, которые удалось заснять благодаря данному методу съемки.

Обследуемые промышленные сооружения имеют разрушенное лакокрасочное покрытие. Для облета объектов использовался беспилотный летательный аппарат DJI Mavic Air производства SZ DJI Technology Co., Ltd, Китай. Результаты обследования объектов фиксировались в виде фото- и видеопотоков для каждого объекта в пилотируемом эксперименте [4]. Сравнение результатов обследования объектов специалистами и беспилотниками показало возможность и необходимость использования новых инструментов для сбора информации о состоянии зданий и сооружений.

Существующие методы обладают как достоинствами, так и недостатками. Для обеспечения более эффективного и точного обнаружения дефектов покрытия необходимы инновационные решения. В настоящее время разрабатывается оригинальный алгоритм [5], который призван устранить недостатки существующих подходов и расширить их функциональность.

Таким образом, создан программный продукт, который востребован на промышленных предприятиях. Благодаря данному модулю крупные предприятия смогут удобно отслеживать состояние своих объектов и вовремя ремонтировать тот или иной дефект, вследствие чего повышаются безопасность сотрудников и производственная мощность предприятия.

Список литературы

1. Шевцова Н. М. Анализ моделей нейронных сетей для поиска дефектов объекта машиностроения // XXV Туполевские чтения (школа молодых ученых) : Междунар. молодежная науч. конф., посвящ. 60-летию со дня осуществления Первого полета человека в космическое пространство и 90-летию Казанского нац. иссл.-техн. ун-та им. А. Н. Туполева – КАИ: в 6 т. (г. Казань, 10–11 ноября 2021 г.). Казань : ИП Сагиева А. Р., 2021. С. 725–728.
2. Еремеев С. В., Романов С. А. Алгоритм сегментации изображений на основе персистентной гомологии для решения задач поиска дефектов // Известия Юго-Западного государственного университета. 2020. Т. 24, № 1. С. 144–158. doi: 10.21869/2223–1560-2020-24-1-144-158
3. Логунова О. С., Мацко И. И., Посохов И. А. Система интеллектуальной поддержки процессов управления производством непрерывнолитой заготовки. Магнитогорск : Магнитогорский гос. техн. ун-т им. Г. И. Носова, 2013. 175 с.
4. Нехороших С. А., Востров А. В., Курочкин Л. М. Распознавание объектов для решения задачи их сортировки мобильным роботом // Математические методы в технике и технологиях – ММТТ. 2019. Т. 12-1. С. 104–107.

5. Блохинов Ю. Б., Чернявский А. С. Поиск трехмерных объектов на изображениях на основе динамически формируемых контурных эталонов // Механика, управление и информатика. 2012. № 2 (8). С. 181–188.

Информация об авторах

Тюлюмов Александр Николаевич, студент, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова.

Злыдарев Никита Витальевич, студент, Магнитогорский государственный технический университет им. Г. И. Носова.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.032.26

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ЦЕЛЯХ

Г. О. Фельдман¹, И. П. Бурукина², Д. А. Гришаев³

^{1, 2, 3} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ gl.feldman2018@yandex.ru

² burukinairina@gmail.com

³ dima_grishaev28@mail.ru

Аннотация. Представлены анализ типов существующих на данный момент образовательных платформ с использованием нейросетей, их особенности, достоинства и недостатки. Рассмотрены пути усовершенствования и дальнейшие тенденции развития.

Ключевые слова: нейронные сети, адаптивное обучение, машинное зрение, искусственный интеллект, образовательный процесс

Для цитирования: Фельдман Г. О., Бурукина И. П., Гришаев Д. А. Тенденции развития нейронных сетей в образовательных целях // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 137–139.

Нейросети – одна из наиболее перспективных отраслей развития IT технологий. В современном мире применение искусственного интеллекта стало повсеместным. Использование нейросетей позволяет автоматизировать повторяющиеся задачи и анализировать большие объемы данных, находя в них лишь главное, быстро проводить сбор и анализ данных, выявлять похожие и отличительные признаки и многое другое. Популярность нейросетей справедлива и логична, а их возможности можно использовать практически во всех сферах деятельности. Логистика, беспилотные автомобили, индивидуальные рекомендации в Интернете, технология распознавания лиц в безопасности, обработка информации и прогноз будущих тенденций в бизнесе, анализ заболеваний пациента и помощь в постановке диагноза больных в медицине и т.д.

В образовании искусственный интеллект стали использовать не очень давно. Однако чем стремительнее проходит процесс цифровизации в образовании, тем шире возможности искусственного интеллекта в этой сфере. Это обусловлено множеством факторов, например, многозадачностью, быстротой, информативностью и способностью к машинному обучению. Так, в рамках принятого Пекинского консенсуса по искусственному интеллекту и образованию ЮНЕСКО предоставило соответствующий документ, в котором рассматривает вопрос об «обеспечении всеохватного и справедливого качественного образования и поощрении возможностей обучения на протяжении всей жизни для всех» [1]. Согласно такому документу, искусственный интеллект способен обеспечить доступность образования и повысить его качество соответственно. Таким образом, ставится вопрос о возможности использования нейронных сетей как полноценной образовательной платформы.

На данный момент популярные образовательные среды и проекты с применением нейронных сетей: CogBooks, Gradescope, Thinkster, Jill Watson AI framework, TALENT, Emotion Sensor, Cognii, а также всем известные сервисы для перевода текста, звуков и изображений: Google Translate и Yandex Translate.

Разберем основные типы, содержащие индивидуальные особенности и преимущества.

Рассматривая обучение с помощью нейросетей, можно прийти и к пониманию целесообразности использования «адаптивного обучения». Адаптивное обучение – методика, разработанная для «обеспечения персонализированного обучения, цель которого – обеспечить эффективные, действенные и индивидуальные траектории обучения для вовлечения каждого обучающегося» [2]. Именно такую систему использует CogBooks и Cognii; как показывают исследования, такой метод обучения более эффективен (количество студентов, успешно окончивших курс, выросло с 76 до 94 %). Проблемы такого решения – хранение персональных данных и высокая стоимость. Далеко не каждый человек решится предоставить свои персональные данные какой-либо платформе. Представители оспаривают данный момент, утверждая, что в их системе идентификационные данные не хранятся, таким образом и нет привязки между показателями и его именем, фамилией.

Наиболее сильно упрощает работу преподавателей машинное зрение. Благодаря такой технологии можно быстро проверять работы студентов. В gradescope такое возможно: в самом начале именно преподаватель обучает программу, загруженные работы учеников проверяются, распознается почерк и только потом определяется правильность ответа. Из плюсов можно выделить бесплатную пробную версию, которую может попробовать абсолютно любой, и пузырьковые листы, что позволяет быстро выставлять оценки. Минус платформы – время от времени медленная загрузка своих наборов задач и работа программного обеспечения в целом.

Для наиболее удобного поиска информации нужен голосовой помощник [3]. С этой задачей прекрасно справляется разговорный ассистент (Virtual Teaching Assistant) Jill Watson, использующий возможности ChatGPT. Джилл Уотсон подходит для интеллектуальных учебников, так как может обрабатывать большие объемы загружаемой информации.

Учитывая вышесказанное, можно сделать вывод о том, что в настоящее время существует несколько тенденций развития искусственного интеллекта: увеличение объема хранимой и перерабатываемой информации, расширение сфер применения, развитие глубокого обучения, а также устранение или минимизация проблем, связанных с безопасностью.

В связи с расширением сфер применения уже на данный момент есть качественные платформы с использованием нейронных сетей для обучения. Именно такие проекты смогут облегчить образовательный процесс не только для обучающегося, но и для преподавателя. Отдельным плюсом таких проектов является то, как они помогут людям с ограниченными возможностями, в особенности, как они делают процесс обучения индивидуальным для каждого. К примеру, проект TALENT может выявить таланты студентов в какой-либо определенной области и предложить варианты обучения, а Emotion Sensor считает эмоциональное состояние студента и настроит учебную среду, ориентируясь на него. Были рассмотрены основные типы проектов, лучшим вариантом развития было бы, конечно, объединение всех особенностей. Образовательный процесс стал бы куда проще, если бы он включал в себя адаптивное обучение, машинное зрение и разговорного ассистента. Основная проблема состоит только в поддержке конфиденциальности пользователей, о которой никак нельзя забывать.

Список литературы

1. Мяо Ф., Холмс У., Хуан Ж. [и др.]. Технологии искусственного интеллекта в образовании : руководство для лиц, ответственных за формирование политики. Париж: Unesco, 2022. 51 с.
2. Добрица В. П., Горюшкин Е. И. Применение интеллектуальной адаптивной платформы в образовании // Auditorium. 2019. № 1 (21). URL: [cyberleninka.ru>article](https://cyberleninka.ru/article)
3. Бурукина И. П., Мамелина Ю. В. Сервисы для определения тональности речи на основе нейронных сетей // Новые информационные технологии и системы (НИТиС–2023) : сб. науч. ст. по материалам XX Междунар. науч.-техн. конф., посвящ. 80-летию Пензенского государственного университета (г. Пенза, 16–17 ноября 2023 г.). Пенза : Изд-во ПГУ, 2023. С. 130–135.

Информация об авторах

Фельдман Глеб Олегович, студент, Пензенский государственный университет.

Бурукина Ирина Петровна, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Системы автоматизированного проектирования», Пензенский государственный университет.

Гришаев Дмитрий Алексеевич, студент, Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004.896

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ НА ЦИФРОВЫХ КАРТАХ

Д. В. Экимов¹, Д. В. Такташкин²

^{1, 2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ dmitry058ekimov@gmail.com

² taktashkin.dv@yandex.ru

Аннотация. В современном мире цифровые карты играют важную роль в различных областях, от навигации и транспортной инфраструктуры до городского планирования и экологического мониторинга. Однако точное позиционирование объектов на цифровых картах остается сложной задачей, требующей эффективных методов обработки данных и анализа пространственной информации. В последние годы искусственные нейронные сети стали популярны в области анализа геопрограмственных данных благодаря их способности обрабатывать большие объемы информации и автоматически извлекать признаки из изображений или других типов геоданных. Проведен обзор методов для решения задач позиционирования объектов на цифровых картах.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, позиционирование объектов на карте, геоинформационные системы, метод обнаружения объектов, сверточные нейронные сети, рекуррентные нейронные сети, Яндекс Карты, 2ГИС, Google Maps

Для цитирования: Экимов Д. В., Такташкин Д. В. Использование искусственных нейронных сетей для решения задач позиционирования объектов на цифровых картах // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 140–144.

Искусственные нейронные сети в геоинформационной системе (ГИС) позволяют достичь высокой точности позиционирования и определения объектов на цифровых картах. Также это способствует обнаружению и анализу сложных паттернов и зависимости в геоданных, что повышает точность результата. Автоматизация процесса определения и позиционирования объектов на карте упрощает создание и обновление картографических данных. Это особенно важно в условиях постоянного изменения окружающей среды, таких как изменения в городской застройке или состоянии природных ресурсов [1].

Нейронные сети могут использоваться для решения различных задач на цифровых картах, таких как обнаружение и классификация объектов, сегментация изображений, определение типов поверхности и многое другое. Это позволяет расширить функциональность картографических приложений и улучшить пользовательский опыт. Например, возможность автоматического определения объектов или изменений на карте может значительно улучшить удобство использования приложений для пользователей [2].

Компоненты распознавания объектов через объектные детекторы:

- 1) использование нейросетей;
- 2) архитектуры детекторов объектов;

- 3) процесс обучения;
- 4) применение в различных областях.

Многообразие архитектур для детекции объектов включает в себя такие системы, как Faster R-CNN, YOLO (You Only Look Once), SSD (Single Shot MultiBox Detector) среди прочих. Они различаются по ряду характеристик и преимуществ, однако объединяются общим принципом использования предварительно обученных искусственных нейронных сетей для определения видов объектов и вычисления их позиций в рамках представленного изображения.

Применение системы распознавания объектов охватывает идентификацию таких структур, как здания, мосты, аэропорты и стадионы на картах, обогащая их подробными сведениями об этих объектах. Это значительно улучшает качество цифрового картографирования, предоставляя ценную информацию для сферы туризма, проектирования городской инфраструктуры и различных прикладных услуг [3].

Обнаружение объектов может также охватывать идентификацию элементов городской инфраструктуры, включая светофоры, перекрестки, железнодорожные вокзалы и дорожные артерии. Этот процесс имеет важное значение для создания систем регулирования дорожного движения и стратегического планирования транспортной сети.

Следовательно, применение алгоритмов распознавания объектов позволяет значительно повысить ценность и актуальность цифровых картографических материалов, обогащая их детальной информацией о разнообразных элементах и характеристиках ландшафта.

Картографические сервисы, такие как Google Maps, Яндекс Карты и 2ГИС, применяют технологии обнаружения объектов. Системы OpenStreetMap и Apple Maps тоже задействуют алгоритмы обнаружения объектов.

Технология сегментации изображения с использованием сверточных нейросетей (CNN) эффективно идентифицирует, оценивает и категоризирует элементы на основе анализа визуальной информации, что обеспечивает ее широкое применение в создании и обновлении цифровых картографических данных [4].

Обычно методика сегментации с использованием сверточных нейронных сетей (CNN) включает следующие этапы:

- 1) подготовка данных;
- 2) обучение модели;
- 3) тестирование модели;
- 4) применение модели.

В ходе предобработки данных для обучения нейронной сети производится ресайзинг и нормализация изображений, а также аннотация с правдивыми данными. Искусственная нейронная сеть анализирует этот датасет, абстрагируя и изучая паттерны для точной идентификации элементов на различных изображениях. По окончании тренировочного процесса проводится валидация модели на внешнем наборе данных, который ранее не участвовал в тренинге. Этот этап критически важен для оценки эффективности работы алгоритма сегментации и его способности применять наработанные знания к неизвестным образцам.

По завершении тренировочного процесса и валидации модель готова к сегментации элементов на свежих снимках или в электронных картах. Приложение модели к визуальному контенту позволяет классифицировать каждый пиксель по принадлежности к конкретной категории объектов.

Преимущества применения сегментации на основе сверточных нейронных сетей в географическом картографировании:

- высокоточное и эффективное распознавание элементов на графических материалах;
- автоматическая обработка географической информации;
- гибкость в обработке разнообразных объектов данных и адаптация к изменяющимся условиям.

Данная технология широко используется в многочисленных приложениях для определения и категоризации объектов в цифровом картографировании, исследовании динамики ландшафтов, наблюдении за природными изменениями. Среди всемирно известных организаций, применяющих сверточные нейронные сети (CNN) в сочетании с географическими информационными системами, можно отметить:

1. Навигационное приложение «Яндекс.Навигатор».

Яндекс.Навигатор, ведущее навигационное приложение в России, применяет методы компьютерного зрения и алгоритмы машинного обучения для анализа снимков, полученных с камер смартфонов пользователей, и классификации дорожных элементов, включая разметку полос, дорожные знаки и прочие компоненты. Интерфейс приложения представлен на рис. 1.

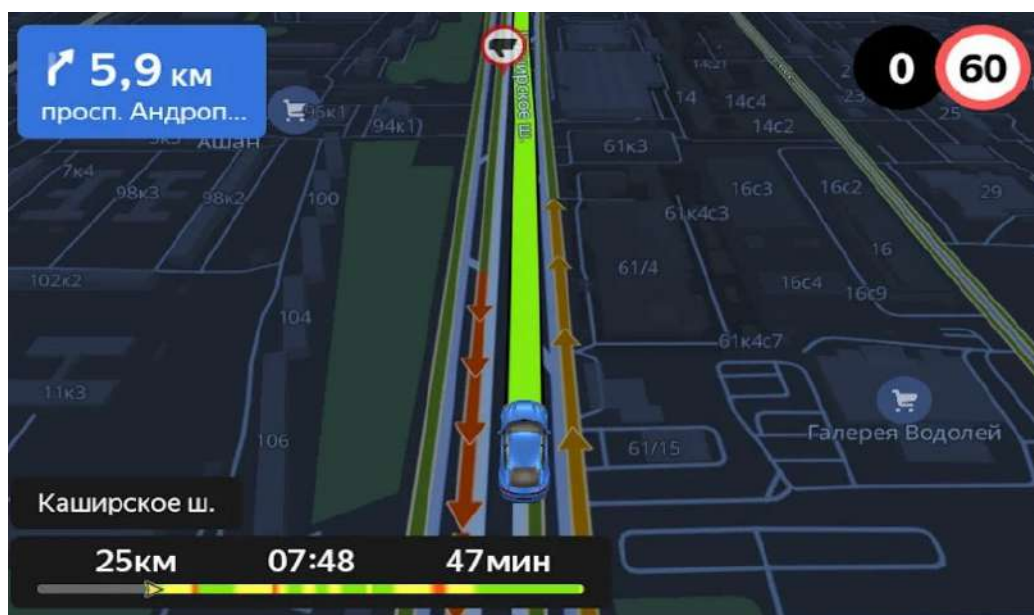


Рис. 1. Интерфейс системы навигации Яндекс.Навигатор

С использованием передовых навигационных систем приложение в реальном времени анализирует данные о динамике дорожной ситуации, предлагая пользователям своевременные и релевантные обновления.

2. Навигатор 2ГИС.

Компания ДубльГИС широко признана за разработку инновационного веб-сервиса картографии, активно собирающего и предоставляющего сведения о различных бизнесах и учреждениях по всей России и за ее пределами. В рамках этого продукта широко применяются передовые разработки в области искусственного интеллекта, включая применение сверточных алгоритмов сверточных нейронных сетей для всестороннего анализа данных, касающихся земельных участков и разметки территорий. Эффективная обработка этих информационных массивов приводит к получению следующих ключевых результатов:

- разделение элементов на цифровом изображении карты, таких как идентификация и выделение структурных компонентов, включая здания, проезжие части, водные объекты и прочие инфраструктурные объекты;
- автоматизированная идентификация и категоризация сущностей на фотографиях, таких как разнообразные категории сооружений, торговые точки, путепроводы;
- определение и сверка местоположения объектов на географической карте с информационной базой данных предприятий для актуализации и пополнения сведений.

Интерфейс приложения представлен на рис. 2.

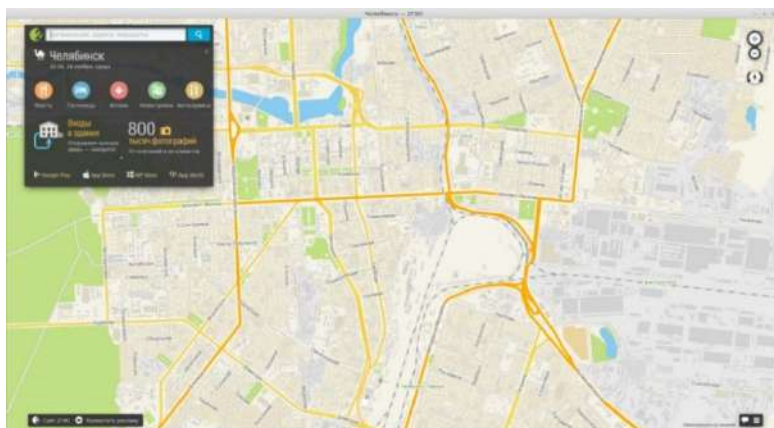


Рис. 2. Интерфейс системы навигации 2ГИС

Сверточные нейронные сети в системе 2ГИС используются в картографических продуктах не только для улучшения качества и точности данных, но и для обеспечения простоты и удобства работы сервиса для клиентов.

3. Система Google Maps.

Google Maps является глобальным веб-сервисом карт и навигации, разработанным технологическим гигантом Google. Он обеспечивает детализированную информацию о маршрутизации, транспортных заторах, точках интереса и топографических особенностях для пользователей по всему миру. Для повышения точности и детализации картографических материалов Google применяет методы искусственного интеллекта, включая сверточные нейронные сети (CNN) и алгоритмы компьютерного зрения, что позволяет эффективно анализировать изображения земной поверхности и выделять на них отдельные элементы и объекты. Интерфейс сервиса представлен на рис. 3.



Рис. 3. Система Google Maps

Использование сверточных нейронных сетей (CNN) в системе способствует оптимизации точности и качества геопространственных данных в геоинформационных системах за счет улучшения процесса сегментации объектов.

Сегментация с помощью рекуррентных нейронных сетей (RNN) применяется для исследования временных рядов данных на географических картах, таких как идентификация шаблонов перемещения или динамики изменения атрибутов объектов. Особенно эффективен он в выявлении трендов эволюции уличного движения. Для таких аналитических операций рекуррентные нейросети (RNN) подходят для обработки геопространственных данных, охватывая диапазон задач от распознавания последовательностей до прогнозирования временных последовательностей [5].

RNN могут анализировать временные данные о трафике на цифровых картах и предсказывать будущие трафиковые потоки. На основе исторических данных о движении транспорта, погодных условиях и событиях на дорогах RNN могут предсказывать уровень загруженности дорог в будущем.

Этот вид искусственной нейронной сети имеет возможность обрабатывать информацию с систем глобального позиционирования (GPS) и прочие связанные с передвижением данные для идентификации закономерностей и трендов в движении людей или транспорта на картах. К примеру, он может выявлять маршруты с высокой проходимостью или районы с интенсивной деятельностью.

Рекуррентные нейронные сети применяются для исследования динамики ландшафта через анализ геопространственных данных, таких как колебания рельефа или изменения во флоре. Они находят применение в отслеживании экологических сдвигов или в разработке стратегий землепользования.

Кроме того, их применение включает в себя улучшение планирования маршрутов через анализ времени в пути, учитывая прогнозы движения, и включает переменные, такие как дорожная активность, для предоставления оптимального пути с учетом существующих временных рамок.

Таким образом, по результатам обзора методов для решения задач позиционирования объектов на цифровых картах установлено, что наиболее популярным методом являются сверточные нейронные сети, а система 2ГИС применяет наибольшее количество передовых разработок в этом направлении.

Список литературы

1. Рыбаков Д. А. Актуальность и доступность нейросетей в современном обществе // Вестник науки. 2023. № 7 (64). URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 28.10.2024).
2. Питенко А. А. Нейросетевой анализ в геоинформационных системах : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.16. Красноярск, 2000. 19 с.
3. Галушкин А. И., Цыпкин Я. З. Нейронные сети: история развития теории : учеб. пособие для вузов. М. : Альянс, 2015. 840 с.
4. Галушкин А. И. Нейронные сети: основы теории. М. : РиС, 2014. 496 с.
5. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс: пер. с англ. 2-е изд. М. : Вильямс, 2006. 1104 с.

Информация об авторах

Экимов Дмитрий Витальевич, студент, Пензенский государственный университет.

Такташкин Денис Витальевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение электронных вычислительных машин», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 621.3.019.3

МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ИЗДЕЛИЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ДАТЧИКО-ПРЕОБРАЗУЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ

С. В. Дмитриев¹, Д. Р. Гаффарова²

^{1,2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

^{1,2} АО «Научно-исследовательский институт физических измерений», Пенза, Россия

¹ serezha.dmitriev.01@mail.ru

² gaffarova.diana@mail.ru

Аннотация. К производству современной датчико-преобразующей аппаратуры предъявляются повышенные требования качества и надежности. Рассмотрены и исследованы различные виды методов контроля за производством изделий.

Ключевые слова: методы контроля, изделие, производство, датчико-преобразующая аппаратура, техпроцесс

Для цитирования: Дмитриев С. В., Гаффарова Д. Р. Методы контроля изделий при производстве датчико-преобразующей аппаратуры // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 145–151.

Введение

С развитием машиностроения в нашей стране с конца 20-х гг. прошлого века неразрывно связаны рост эффективности выполняемых работ, обеспечение безопасности и технологичности конструкций механических станков. Измерительные процессы будут сопровождаться увеличением доли автоматизации контроля качества изготовления изделия, что значительно снижает появление брака на заключительном этапе выхода готовой продукции.

После наладки производства тяжелой машиностроительной промышленности с конца 1940-х гг. в СССР был взят курс на производство не только военно-промышленных комплексов для обороны страны, но и сложнейших компонентов деталей для конструирования космических ракет и спутников.

В условиях развития производства современной датчико-преобразующей аппаратуры одной из важнейших задач будут являться методы контроля составных частей. Само качество сборки изделий будет являться одной из главных функций систем управления качеством труда.

Вся необходимая подготовка производства является одним из важнейших пунктов улучшения контроля качества, производства и сборки конечной продукции.

Правильно выстроенная структура производства предоставляет высокий уровень качества изготавливаемых деталей, необходимую точность измерения представителями отдела технического контроля (ОТК), улучшение показателей в экономической отрасли предприятия. Под экономической деятельностью подразумевается, как контроль ОТК будет предотвращать выпуск продукции, которая не соответствует требованиям стандартов и технических условий, прописанных в договоре между предприятием и заказчиком.

Использование на производстве контроля деталей и средств автоматизации позволяет значительно увеличить качество и количество деталей на этапе сборки.

Так, проводя контроль производства, необходимо своевременно получать необходимую информацию о геометрических параметрах деталей. Это существенно помогает производству все более автоматизироваться, снижается время, затрачиваемое на процессы изготовления и сборки детали. Также будут снижаться погрешности, возникаемые в процессе производства (износ инструмента, неисправность технологического оборудования), исключаются погрешности, имеющиеся с применением измерительных приборов

Применение контроля на производстве дает возможность объединения процессов обработки деталей, процессов контроля качества, процессов сборки, что полностью исключает из цикла производства непредвиденные остановки (остановка сборочной линии, неисправность обрабатывающего оборудования).

Внедренный активный контроль в цеху позволяет вести процессы обработки, тщательно контролируя переходы от черновой обработки к чистовой, частичную или полную замену обрабатывающего инструмента, списание или доработку инструмента после производственных работ.

С введением автоматизации процессов обработки и использования современного измерительного оборудования активный контроль не только заметно увеличивает эффективность труда на предприятии, но и дает стимул к повышению квалификации у рабочих. Это позволяет решить нередко возникающие проблемы, связанные с технологией производства, методами измерения контрольной продукции, экономикой и энергозатратами.

Необходимое качество и количество будут обеспечиваться благодаря точности и надежности измерений оборудования, в простых требованиях к обслуживанию и ремонту средств измерения, своевременному управлению и точной корректировке режимов обработки деталей, качества заготавливаемого материала и контроля над износом инструмента.

Обсуждение

Вид объекта активного контроля включает в себя контроль продукции, систему производства и персонал предприятия. Все это контролируется на основании требований норм производства (ГОСТы, ОСТы, ТУ). Данные документации устанавливают необходимый стандарт на используемое сырье, на материалы, на изделия, на задействованное оборудование и обрабатывающий инструмент.

Важнейшей характеристикой в контроле объектов производства является контролепригодность – свойство в конструкции изделия, которое предоставляет обеспечение возможности контроля детали при ее изготовлении, испытании и техническом обслуживании.

На предприятии в цехах, где происходят обработка и сборка, выполняется большое число измерений первично обработанных и готовых деталей. Результат измерений позволяет руководству цеха принимать решения о готовности детали или всего изделия. Непосредственно процесс измерения и контроля деталей задействует различные измерительных инструменты, приспособления для контрольных осмотров деталей, калибры и пробки. Будут существенно различаться методы измерения: по конструктивным особенностям, по точности измерения, по способу выдачи конечной информации о результатах замера. Все необходимые измерения производятся либо представителями ОТК предприятия, либо рабочим станка, который изготавливает продукцию. Такой метод позволяет обеспечить точность в изготовлении деталей и предотвратить брак детали или изделия [1].

Система контроля качества продукции охватывает все этапы производственного процесса, от обработки на станках до хранения готовой продукции. Этот многоступенчатый процесс включает в себя операционный и приемочный контроль, каждый из которых имеет свои специфические особенности и цели.

Операционный контроль, проводимый после каждой отдельной производственной операции (токарной обработки, штамповки, сварки, сборки и т.д.), направлен на выявление и устранение дефектов на ранних стадиях производства. Это позволяет предотвратить накопление ошибок и снизить

затраты на исправление брака на последующих этапах. Параметры, подлежащие контролю на этом этапе, а также используемые инструменты и приборы определяются технологической картой конкретного изделия. Результаты операционного контроля регламентируются картой технологического процесса в графе «контрольная операция».

Приемочный контроль, в свою очередь, осуществляется после завершения изготовления всей детали, узла или готового изделия. Он представляет собой комплексную проверку соответствия продукции установленным требованиям, описанным в нормативно-технической документации (НТД), которая включает в себя чертежи, технические условия (ТУ), стандарты и другие регламентирующие документы.

В зависимости от специфики детали или целого изделия используемые методы и средства контроля можно поделить на несколько видов: ручной, автоматизированный и автоматический. Ручной контроль используется при помощи измерительных инструментов, таких как штангенциркули, микрометры, калибры и индикаторы. Данный метод, хотя и широко распространен и хорошо себя зарекомендовал на зарождении машиностроения в нашей стране, однако в силу усложнения конструкции деталей становится несовершенным. Погрешность измерения напрямую связана с человеческим фактором. Поэтому результаты измерения могут носить лишь субъективный характер.

Автоматизированный контроль включает использование специальных средств и технологий, которые позволяют минимизировать влияние человеческого фактора. Это значительно повышает точность и надежность контроля, так как результаты измерений становятся более объективными. Однако, несмотря на автоматизацию, контроль все еще требует участия человека для настройки и обслуживания оборудования.

Наиболее прогрессивным методом является автоматический контроль, при котором в процессе производства встраиваются автоматические средства контроля. Эти системы способны осуществлять непрерывный мониторинг качества продукции без вмешательства человека. Они могут автоматически отклонять дефектные изделия, что значительно снижает риск их попадания на рынок. Автоматический контроль также позволяет собирать данные о производственном процессе в реальном времени, что способствует его оптимизации.

Контроль качества можно классифицировать по различным критериям.

В свою очередь по типу проверяемых параметров контроль может охватывать различные геометрические параметры, такие как линейные размеры, углы, а также физико-механические свойства материалов [2].

При организации процессов контроля, прежде всего технического, можно использовать ГОСТ 14.317–75, в котором указаны основные этапы разработки операций, применяемых при техническом контроле.

Проверка соответствия характеристик, режимов и других показателей названных стадий производства и составляет суть контролируемых операций.

Контроль объектов или стадий процесса производства может быть:

- летучим – срок проведения его не регламентирован;
- периодическим – проводится через определенный промежуток времени (часы, сутки, месяцы);
- непрерывным – ведется непрерывно (постоянно).

В зависимости от средств контроля различают контроль визуальный, когда объект контроля подвергается осмотру и определяется его соответствие требованиям НТД (все ли операции выполнены, наличие маркировки, сопроводительной документации) [3].

На этапе производства деталей для датчиков-преобразующей аппаратуры качество изделий будет закладываться при конструктивной разработке и обеспечиваться в производстве технологии, производства тщательностью контроля.

На рис. 1 представлен пример оформления сопроводительного документа на производстве, наглядно подтверждающего, что все изделия металлообрабатывающего производства проверяют

контролеры БТК, представители заказчика, военно-промышленная комиссия на соответствие качества деталей, соблюдение последовательности технологических процессов, оформление рабочей документации и соответствие техническо-эксплуатационным требованиям.

Операция		№ таб. раб.	Предъявл.	Принято		№ акта о браке	Дата	Подпись контр.
№	наименование			годн.	брак			
1	заготовит.							
2	фрезерная оп-я							
3	слесарная оп-я							
4	очистка							
5	контроль отк							
6	пров-ка гермет.							
7	контроль отк							
8	фрезерная оп-я							
9	слесарная оп-я							
10	очистка							
11	контроль отк							
12	гальван. оп-я							
13	контроль отк							
14	слесарная оп-я							
15	очистка							
16	контроль отк							
17	малярная оп-я							
18	контроль отк							

Рис. 1. Пример оформления маршрутной карты на производстве

Существуют различные виды проверок готовых изделий датчиков-преобразующей аппаратуры:

- приемо-сдаточные. Для проверки соответствия качества допускаются повторные испытания у потребителя – входной контроль;

- периодические. Изделия будут отбираться случайной выборкой из продукции, изготовленной за определенный календарный период;

- типовые. Будут осуществляться производителем после освоения каждого нового вида продукции либо после внесения изменений в конструкцию, технологию или материалы, способных повлиять на качество или технические характеристики изделия. Аттестационные испытания проводятся с целью присвоения продукции знаков качества или для получения разрешения на ее выпуск;

- эксплуатационные. Проводятся представителями заказчика на изделиях, находящихся в эксплуатации у потребителя.

Непосредственно контроль изделий будет осуществляться представителями ОТК как при процессе изготовления деталей, так и при полной готовности к предъявлению представителям заказчика или военному представительству. В цеховом производстве деталей или готовых изделий применяется несколько способов для проверки размеров. На рис. 2–4 представлены предельные калибры. Ими будет совершаться контроль деталей: проверяются отверстия резьбовыми пробками, резьбовые детали и шаг резьбы.



Рис. 2. Пробковый (резьбовой) калибр

Применяют проходные и непроходные калибры (см. рис. 3, 4) или двусторонние, одна сторона которых является проходным калибром, другая – непроходным.



Рис. 3. Проходной кольцевой калибр



Рис. 4. Непроходной кольцевой калибр

Номинальные размеры проходных и непроходных калибров определяют предельные размеры проверяемой поверхности детали. Для проходного калибра гладкой пробки номинальный размер устанавливается как наименьший предельный размер отверстия, а для непроходного – наибольший предельный размер отверстия.

Самыми основными средствами в измерении деталей являются измерительные абсолютные средства измерения. К ним относятся: штангенциркули, штангенглубиномеры, микрометры, угломеры, измерительная стойка.

В перечисленных инструментах имеются штриховые шкалы (линейки или лимбы). Повышение точности отсчета связано с оценкой доли деления шкалы. Специальные измерительные средства изготавливают для определенных, конкретных контрольных операций.

Приборы, позволяющие провести абсолютное измерение, – это электронно-лучевые и сканирующие микроскопы и проекторы. В сравнительном измерении будут использоваться индикаторы часового типа, миниметры, микрометры (МКМ), микрокаторы, оптиметры, контактные интерферометры, пневматические приборы. Одним из таких приборов абсолютного измерения является электронный профилометр (рис. 5). Его особенностью является управляемое исследование на основе лазерного сканирования поверхности деталей [4, 5].

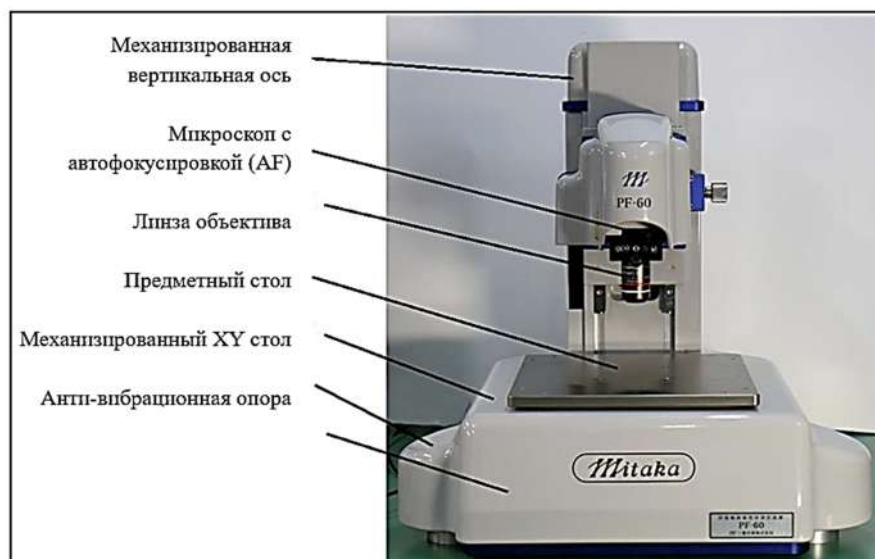


Рис. 5. Конфигурация основного устройства профилометра и названия его деталей

Кроме исследования деталей на наличие дефектов, также важен анализ металлов, из которых производятся компоненты датчиков. Исследование свойств металлов относится к разделу технического анализа. Технический анализ играет значимую роль в экономике, так как контроль качества является необходимым в процессе производства металлов. Это касается как исходного сырья, так и готовых изделий и полуфабрикатов. Качество материалов устанавливается на основании их химического состава, который должен соответствовать определенным стандартам и техническим условиям.

В процессе производства необходимые методы анализа классифицируются в следующие виды: маркировочные, экспрессные, контрольные и арбитражные. Маркировочные методы будут применяться для выяснения химического состава материала, который применяется предприятием в качестве сырья для производства, или производимых компонентов готовых изделий. Арбитражные анализы выполняются в крайних случаях, когда производитель и конечный потребитель не могут прийти к общему согласию относительно точности результата выполненных химических анализов или примененного метода [6].

В последние годы наблюдается значительный прогресс в области технологий обработки металлов, что связано с внедрением нового поколения приборов активного контроля. Эти устройства предназначены для управления процессами обработки валов, отверстий и плоских поверхностей на различных типах шлифовальных станков, включая автоматические, полуавтоматические и станки с числовым программным управлением (ЧПУ).

Одним из ключевых аспектов новых приборов является их значительно улучшенный технический уровень. В сравнении с предыдущими моделями новейшие устройства демонстрируют увеличение быстродействия и точности обработки в 1,5–2 раза. Это стало возможным благодаря внедрению современных микропроцессорных технологий и алгоритмов управления, которые обеспечивают более эффективное взаимодействие между станком и контроллером.

Также стоит отметить, что новые приборы отличаются уменьшенными габаритами и массой – в 2–3 раза меньше по сравнению с предшественниками. Это не только упрощает интеграцию оборудования в существующие производственные линии, но и способствует снижению энергопотребления. Энергоэффективность стала одним из важнейших факторов при разработке новых устройств, что позволяет предприятиям значительно сократить эксплуатационные расходы.

Еще одной важной особенностью нового поколения приборов является использование единого для всей гаммы устройств малогабаритного электронного отсчетно-командного устройства на микропроцессорной базе. Это позволяет не только упростить процесс обучения операторов, но и снизить затраты на техническое обслуживание. Унифицированный подход к управлению делает возможным

быстрое переключение между различными типами оборудования, что особенно актуально в условиях динамично меняющегося производства.

Гамма включает семь основных моделей приборов с различными исполнениями и закрывает контроль деталей при всех видах шлифования, кроме бесцентрового. Диапазон размеров контролируемых валов и отверстий – 2,5...200 мм, дискретность цифрового отсчета – 0,1/1 мкм.

Также в современном производстве используются установки для круглошлифовальных операций, токарных фрезерных расточных операции на базе станков с ЧПУ с применением средств активного контроля.

Наладчики и операторы станков в процессе производства предоставляют нужный контроль во внутренних и наружных размерах деталей, опираясь на информацию со станка при изготовлении деталей [7].

Заключение

Были выявлены различные методы контроля производства изделий датчиково-преобразующей аппаратуры. Именно контроль за производством позволяет исключать брак деталей на стадии изготовления и в процессе производства деталей. Описанные методы контроля, хоть и позволяют с большой долей вероятности исключать некачественные составные части деталей, но со временем будут нуждаться в доработке и усовершенствовании, так как научный технический прогресс развивается с каждым годом и, следовательно, контроль деталей и производство тоже будут развиваться и усложняться.

Список литературы

1. Коваленко А. В. Контроль деталей, обработанных на металлорежущих станках. М. : Машиностроение, 1980. 167 с.
2. Сайфулин Р. Р. Приборы и средства активного контроля размеров деталей в металлообрабатывающем оборудовании // Universum: технические науки. 2021. № 12 (93). URL: <https://7universum.com/ru> (дата обращения: 20.10.2024).
3. Дивин А. Г., Пономарев С. В. Методы и средства измерений, испытаний и контроля : учеб. пособие: в 5 ч. Тамбов : Изд-во ТГТУ, 2011. Ч. 1. 104 с.
4. Зондовый прибор для измерения структуры поверхности с точечной автофокусировкой PF-60. Руководство по эксплуатации. 44 с. URL: <https://storage.by.prom.st>
5. Оптические микроскопы и системы измерения. URL: <https://microscope.ru>
6. Анализ металлов : метод. указания к лаб. работам / сост. Е. В. Турусова, Е. И. Додин. Чебоксары : Чуваш. ун-т, 2010. 88 с.
7. Ковальский М. Г. Современные средства контроля и измерений размеров изделий для машиностроения. АО «НИИИзмерения». 2020. 5 с. URL: <https://micron.ru> > information

Информация об авторах

Дмитриев Сергей Владиславович, магистрант, Пензенский государственный университет; инженер-технолог 2-й категории, АО «Научно-исследовательский институт физических измерений».

Гаффарова Диана Рафаэлевна, магистрант, Пензенский государственный университет; инженер-технолог 2-й категории, АО «Научно-исследовательский институт физических измерений».

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 531.717

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПРОФИЛОМЕТРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КОРПУСА ДАТЧИКА АБСОЛЮТНОГО ДАВЛЕНИЯ

С. В. Дмитриев¹, Д. Р. Гаффарова²

^{1, 2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

^{1, 2} АО «Научно-исследовательский институт физических измерений», Пенза, Россия

¹ serezha.dmitriev.01@mail.ru

² gaffarova.diana@mail.ru

Аннотация. Использован зондовый электронный профилометр для измерения параметров датчко-преобразующей аппаратуры. Построены графики измерения высот, радиусов и диаметров.

Ключевые слова: микроскоп, профилометр, высота, внутренний радиус, измерение

Для цитирования: Дмитриев С. В., Гаффарова Д. Р. Применение электронного профилометра для измерения параметров корпуса датчика абсолютного давления // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 152–158.

Введение

Современные технологии анализа и исследования материалов становятся все более важными в различных отраслях науки и промышленности. В условиях стремительного развития технологий исследователи и инженеры ищут новые методы для изучения и анализа материалов на микро- и нано-уровне. В этом контексте особое внимание привлекают электронно-сканирующие микроскопы (ЭСМ) и электронные профилометры, которые обеспечивают высокую степень точности и детализации.

Электронно-сканирующие микроскопы представляют собой мощный инструмент для визуализации поверхностей материалов с чрезвычайной разрешающей способностью. Одним из ключевых преимуществ ЭСМ является возможность получения трехмерных изображений. В то время как ЭСМ фокусируется на визуализации, электронные профилометры специализируются на измерении профиля поверхностей. Эти устройства позволяют точно оценивать шероховатость, неровности и другие параметры поверхности, что имеет критическое значение для обеспечения качества продукции в различных отраслях. Например, в области наномедицины эти технологии помогают разрабатывать целенаправленные системы доставки лекарств, которые могут эффективно взаимодействовать с клетками на молекулярном уровне.

Современные технологии анализа и исследования материалов, такие как электронно-сканирующие микроскопы и электронные профилометры, играют ключевую роль в прогрессе науки и промышленности. Они не только позволяют глубже понять структуру и свойства материалов, но и открывают новые возможности для разработки инновационных решений в различных областях. В условиях быстрого развития технологий важно продолжать инвестировать в эти инструменты, чтобы обеспечить дальнейший прогресс и улучшение качества жизни.

Обсуждение

Современная наука и технологии достигли таких высот, что мы можем исследовать мир на уровнях, ранее недоступных для человеческого глаза. Одним из величайших достижений в этой области стали электронные микроскопы, которые открывают двери в невидимый мир микроскопических структур. Эти устройства позволяют изучать биологические объекты, материалы и наноструктуры с поразительной детализацией.

Электронные микроскопы делятся на два основных типа: микроскопы с передачей (TEM) и микроскопы со сканированием (SEM). Оба типа имеют свои уникальные особенности и области применения.

ТЕМ работает по принципу пропускания пучка электронов через очень тонкий образец. При этом происходит взаимодействие электронов с атомами образца, что позволяет получить детализированное изображение внутренней структуры. Это делает ТЕМ незаменимым инструментом для изучения микроструктур, таких как атомные решетки и молекулярные структуры.

Однако у ТЕМ есть свои ограничения. Подготовка образца требует значительных усилий, так как необходимо создать очень тонкие срезы, которые могут быть сложны для получения. Кроме того, ТЕМ требует сложного оборудования и навыков, что делает его менее доступным для некоторых исследований. В отличие от ТЕМ, микроскоп с функцией сканирования шероховатости, SEM, регистрирует поверхность образца электронным пучком и фиксирует отраженные или испускаемые электроны (рис. 1). Также можно отметить, что SEM имеет свои уникальные коррективы, что затрудняет работу с анализированием изучаемой поверхности. Основное из них заключается в том, что он не может обеспечить такую же высокую разрешающую способность в глубину, как ТЕМ, что затрудняет исследование внутренней структуры образцов.



Рис. 1. Сканирование электронным микроскопом с функцией SEM

Существует несколько типов микроскопов, каждый из которых имеет свои особенности и предназначение:

1. Оптические микроскопы – наиболее распространенный тип, использующий свет для увеличения изображения. Они могут быть простыми (лупы) или сложными (системы с несколькими линзами).

2. Электронные микроскопы. Используют электронные лучи вместо света, что позволяет достигать гораздо более высокого увеличения и разрешения. Они идеально подходят для изучения ультратонких структур. Чем выше разрешение, тем более детализированное изображение можно получить. Разрешение зависит от качества оптики и типа используемого света. Например, в оптических микроскопах разрешение ограничено длиной волны света, что делает невозможным различение объектов, находящихся ближе, чем 200 нм. В то же время электронные микроскопы могут достигать разрешения в несколько нанометров благодаря использованию электронов, которые имеют гораздо меньшую длину волны. Эти параметры напрямую влияют на качество получаемых изображений и, следовательно, на возможность детального изучения объектов [1].

Шероховатость поверхности является одним из ключевых параметров, определяющих качество и функциональность механических деталей. Для ее измерения на сегодняшний день широко используются электронные профилометры. Электронный профилометр работает на основе принципа ощупывания. В его конструкции используется шуп – зонд, обычно выполненный из алмаза, который перемещается по измеряемой поверхности. При этом индуктивный датчик фиксирует неровности и колебания поверхности, преобразуя их в цифровой сигнал. Этот процесс позволяет получить точные данные о шероховатости, которые затем обрабатываются и визуализируются в виде графиков и числовых значений.

Основные компоненты электронного профилометра включают:

1. *Датчик*. Он закрепляется на электромеханическом приводе и отвечает за непосредственное измерение неровностей поверхности. Датчик может перемещаться как по горизонтали, так и по вертикали, что позволяет ему поддерживать контакт с измеряемой поверхностью.

2. *Электромеханический привод*. Этот элемент отвечает за перемещение датчика по поверхности детали. Привод может быть установлен непосредственно на детали или на стойке, что обеспечивает гибкость в настройках измерений.

3. *Информационно-вычислительный блок (ИВБ)*. Важнейший элемент, отвечающий за обработку данных. ИВБ, исполненный в виде микропроцессорной платы, обрабатывает сигналы, полученные от датчика, и формирует итоговые измерения. Управление профилометром может осуществляться как в автономном режиме (с помощью кнопок и экрана на приводе), так и с использованием персонального компьютера, что значительно расширяет функциональные возможности устройства [2].

В табл. 1 можно рассмотреть пример измерения технических характеристик каждой оси для измерения параметров высот, длин и расстояний между координатами на датчике абсолютного давления.

Таблица 1

Технические характеристики каждой оси

	X	Y	Для AF (Z1) для измерения	Для Z2 для позиционирования
Диапазон измерения	60 мм	60 мм	10 мм	60 мм
Дискретность позиционирования	0,1 мкм	0,1 мкм	0,01 мкм	0,1 мкм
Шкала	Стеклянная шкала	Стеклянная шкала	Стеклянная шкала	Импульс
Точность	$(2 + 4L/1000)$ мкм	$(2 + 4L/1000)$ мкм	$(0,3 + 0,5L/10)$ мкм	

Для работы с прибором рекомендуется следовать нижеприведенному порядку (рис. 2).

С помощью данного электронного профилометра были измерены внутренние радиусы, перепады высот гофр и диаметры на примере датчика абсолютной температуры. Данные измерения являются систематическими и постоянными при изготовлении данного корпуса датчика, так как для обеспечения наивысшей точности в производстве необходимо корректировать координатное расположение резца в токарном станке с ЧПУ. На рис. 3, 4 и 5 можно рассмотреть результаты измерений, проведенные в среде программы MITAKAVIEWER. Ее функционал позволяет использовать полученные данные, разработанные в результате измерения на профилометре, визуализировать графики перепадов высот гофр, кривизну внутренних радиусов и диаметр крайних точек датчика абсолютного давления.

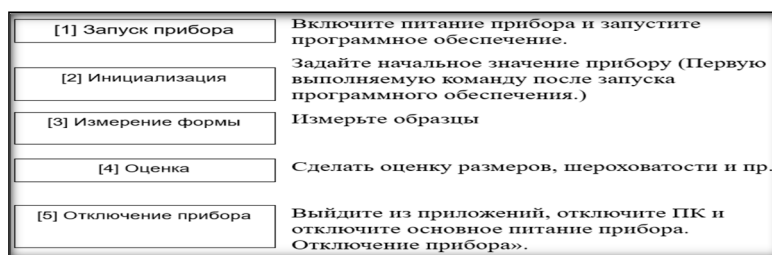


Рис. 2. Блок-схема работы профилометра

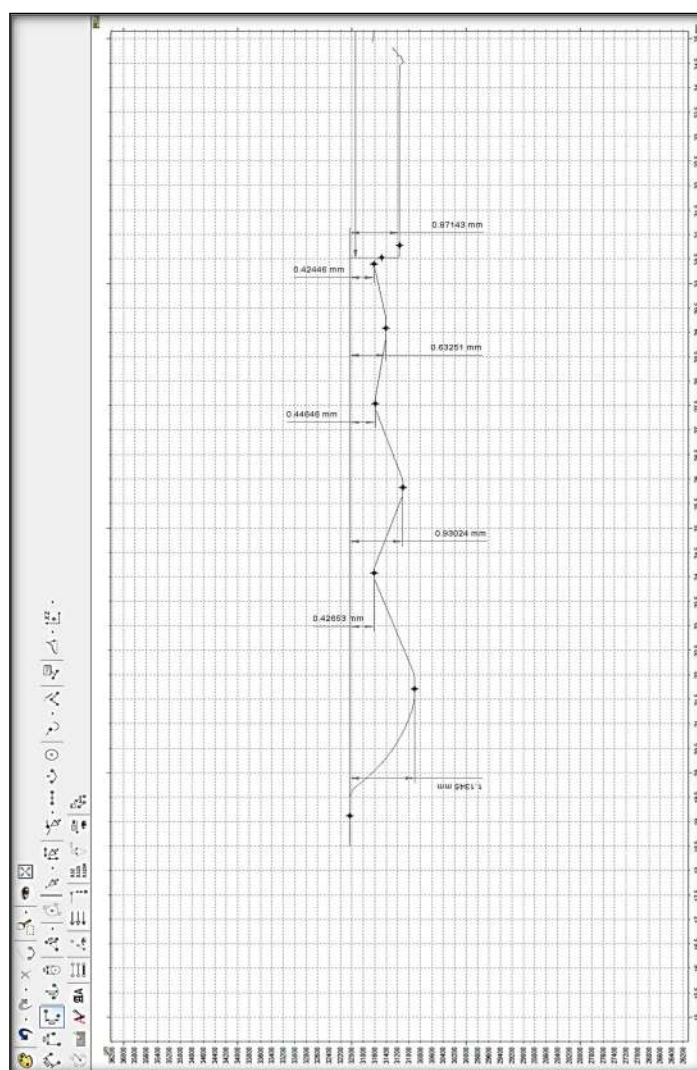


Рис. 3. Измерение перепадов высот гофр

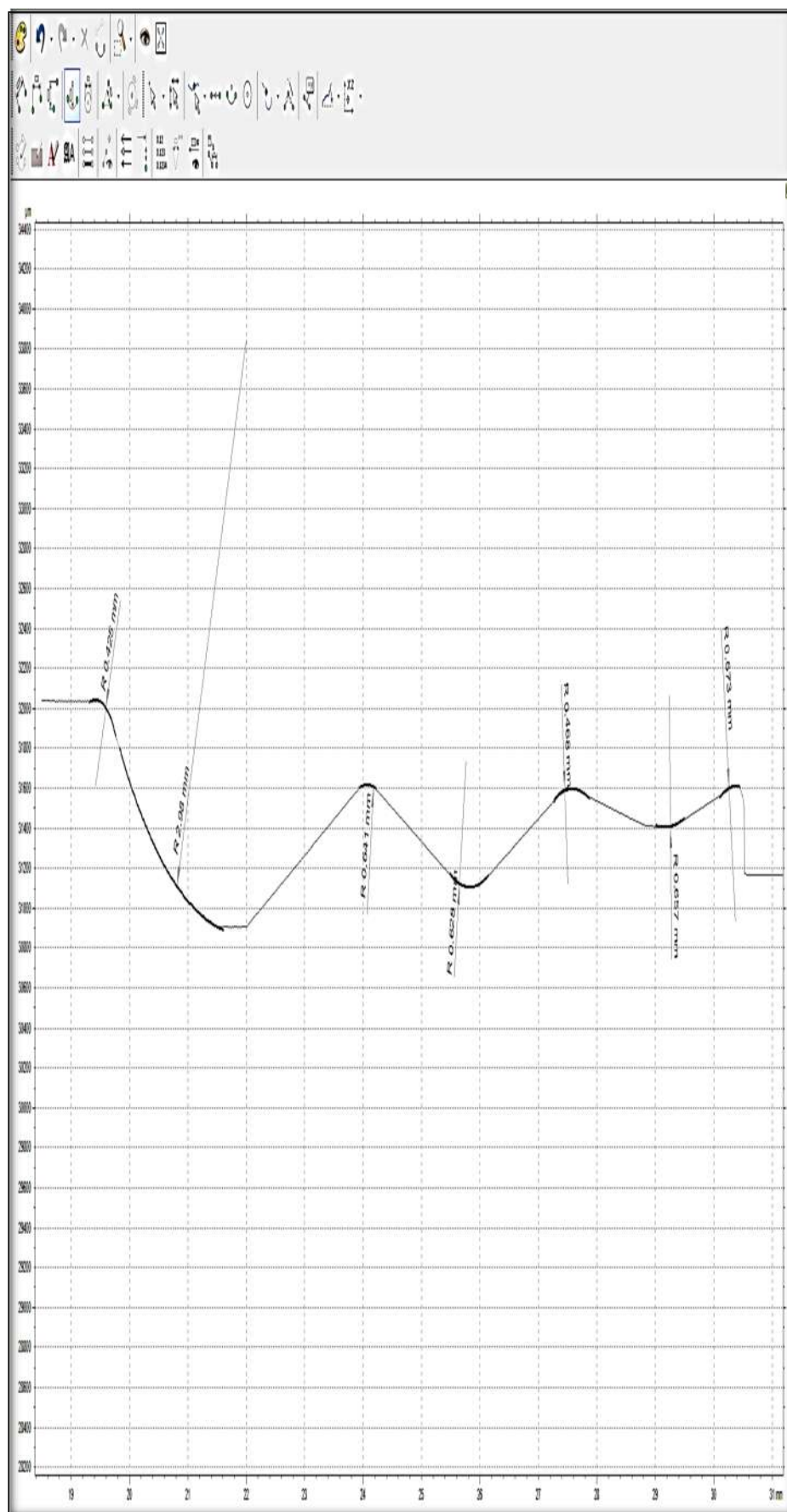


Рис. 4. Измерение радиусов

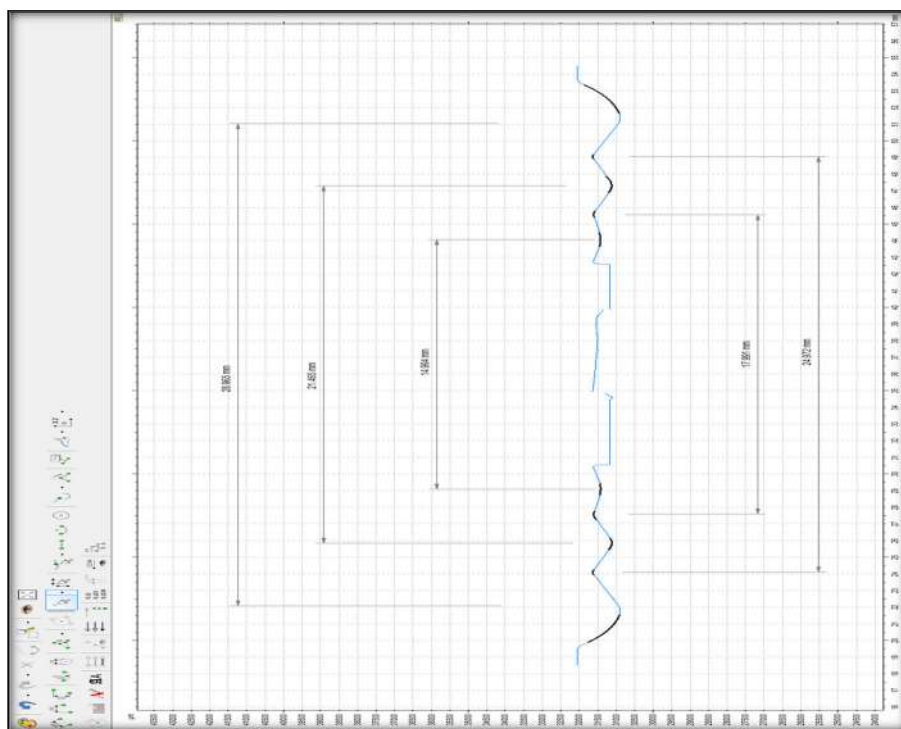


Рис. 5. Измерение диаметров крайних точек

Данные измерения впоследствии сравниваются с уже установленными размерами согласно технической документации корпуса датчика. Если данные размеры не соответствуют конструкторской документации, то оператор станка ЧПУ перенастраивает координаты и дорабатывает необходимые параметры до установленных. Данная процедура может повторяться несколько раз, пока условия цикла не будут соблюдаться согласно необходимым результатам.

Заключение

Электронно-сканирующие микроскопы и электронные профилометры – ключевые инструменты в современных науках о материалах. Современные науки о материалах, нанотехнологии и микроэлектроника не могут обойтись без высокоточных инструментов, позволяющих исследовать структуру и свойства материалов на наноуровне. В этом контексте электронно-сканирующие микроскопы и электронные профилометры становятся незаменимыми помощниками для ученых и инженеров.

Электронно-сканирующий микроскоп – это мощный инструмент, который использует поток электронов для создания изображений поверхности образцов с невероятным разрешением. В отличие от оптических микроскопов, которые ограничены длиной волны света, ЭСМ способен достигать разрешения до нескольких нанометров. Это позволяет исследовать не только макроструктуры, но и мельчайшие детали, такие как атомные решетки и дефекты в кристаллических структурах. Одним из ключевых преимуществ ЭСМ является возможность получения информации о химическом составе образца. Благодаря использованию различных детекторов, таких как детекторы вторичных электронов и рентгеновского излучения, исследователи могут не только визуализировать поверхность, но и анализировать ее состав. Это открывает новые горизонты для изучения сложных материалов, таких как композиты, полимеры и наноструктуры.

Электронные профилометры, в свою очередь, являются специализированными инструментами для измерения профиля поверхности с высокой точностью. Эти устройства позволяют получать детальные данные о микрорельефе, что критически важно для контроля качества в микроэлектронике и других отраслях. Одним из значительных преимуществ электронных профилометров

является их способность работать с различными типами материалов, включая металлы, полимеры и керамику. Это делает их универсальными инструментами, которые находят применение в самых разных областях – от разработки новых материалов до контроля качества в производстве.

С постоянным развитием технологий ЭСМ и электронные профилометры становятся все более доступными и универсальными. Новые методы обработки данных, такие как машинное обучение и искусственный интеллект, позволяют улучшать качество изображений и анализировать данные с высокой скоростью и точностью. Интеграция этих инструментов с другими технологиями, такими как атомно-силовая микроскопия и рентгеновская томография, создает мощные мультидисциплинарные платформы для комплексного анализа материалов. Это позволяет исследователям получать более полное представление о свойствах и поведении материалов в различных условиях.

Электронно-сканирующие микроскопы и электронные профилометры являются ключевыми инструментами в современном мире науки и технологий [3]. Их способность обеспечивать высокое разрешение и точность в получении изображений и данных о поверхности объектов открывает новые горизонты для исследователей и инженеров. Перспективы дальнейших исследований и улучшений в этой области обещают новые открытия и революционные изменения в фундаментальных и прикладных науках, что, безусловно, повлияет на будущее науки и технологии в целом.

Список литературы

1. Оптические микроскопы. URL: <https://optic-alliance.ru>
2. Профилометр контактный (по ГОСТ 19300-86), модели 130; АО «Завод ПРОТОН». URL: ntcexpert.ru
3. Зондовый прибор для измерения структуры поверхности с точечной автофокусировкой PF-60. Руководство по эксплуатации. 44 с. URL: storage.by.prom.st

Информация об авторах

Дмитриев Сергей Владиславович, магистрант, Пензенский государственный университет; инженер-технолог 2-й категории, АО «Научно-исследовательский институт физических измерений».

Гаффарова Диана Рафаэлевна, магистрант, Пензенский государственный университет; инженер-технолог 2-й категории, АО «Научно-исследовательский институт физических измерений».

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 001.53

КАЧЕСТВЕННОЕ СРАВНЕНИЕ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ЯЗЫКОВОГО ПЕРЕВОДА

К. М. Липатов¹, Ю. В. Шепелева²

^{1, 2} Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹ kim-tez@yandex.ru

² eduard.shepelev.67@mail.ru

Аннотация. В мире существуют 7164 разновидности языка, что, с одной стороны, подчеркивает культурное развитие их носителей, а с другой, сильно усложняет передачу информации от одного человека другому. Именно эта проблема и стала причиной появления средств языкового перевода сначала в книжном, а затем и в цифровом (онлайн) виде. Представлен сравнительный анализ характеристик и возможностей популярных онлайн-систем языкового перевода для выявления наиболее эффективного и универсального на данный момент.

Ключевые слова: средства языкового перевода, автоматический перевод, онлайн-системы

Для цитирования: Липатов К. М., Шепелева Ю. В. Качественное сравнение электронных средств языкового перевода // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 159–164.

Электронные средства языкового перевода – это специальные программные средства, записанные на дисках или размещенные в Интернете в онлайн-формате, которые позволяют осуществлять автоматический перевод некоторого текста с помощью электронных словарей и библиотек. В мире уже сейчас насчитывается большое количество переводчиков, ориентированных на интернет-среды. Однако целесообразно выделить шесть самых популярных и качественных среди них и провести наглядный и оценочный анализ. Проверку качества лучше всего осуществлять с переводом идиом или профессиональных выражений.

DeepL Translator – германский онлайн сервис системного перевода, функционирующий с 2017 г. Языковой переводчик построен на базе искусственного интеллекта и обладает уникальной чертой – глоссарием [1]. При помощи данной функции пользователь может самостоятельно изменять некоторые правила перевода конкретных слов. Это позволяет корректно преобразовывать термины и устойчивые выражения. Подобным образом также возможно привносить изменения и в грамматику перевода. Главным недостатком сервиса является его коммерческая часть, которая ограничивает пользователя в количестве переводимых знаков [2]. Бесплатный вариант подписки на DeepL Translator предлагает перевод текстов до 2000 знаков на 28 языках (начальный язык определяется автоматически), обрабатывая как текстовые файлы, так и файлы PDF, docx, pptx [1]. Платная подписка открывает такие возможности, как удаление всех текстов с внутренних хранилищ сразу после перевода, что сохраняет данные в полной безопасности; отсутствие ограничений по объему перевода; возможность перевода текста в документах с автоматическим сохранением форматирования; выбор стиля перевода, например, формальный (официальный) или неформальный (разговорный). Проверка качества перевода от DeepL при помощи идиом At one fell swoop (Одним ударом) и break a leg (Ни пуха ни пера) приведена на рис. 1.

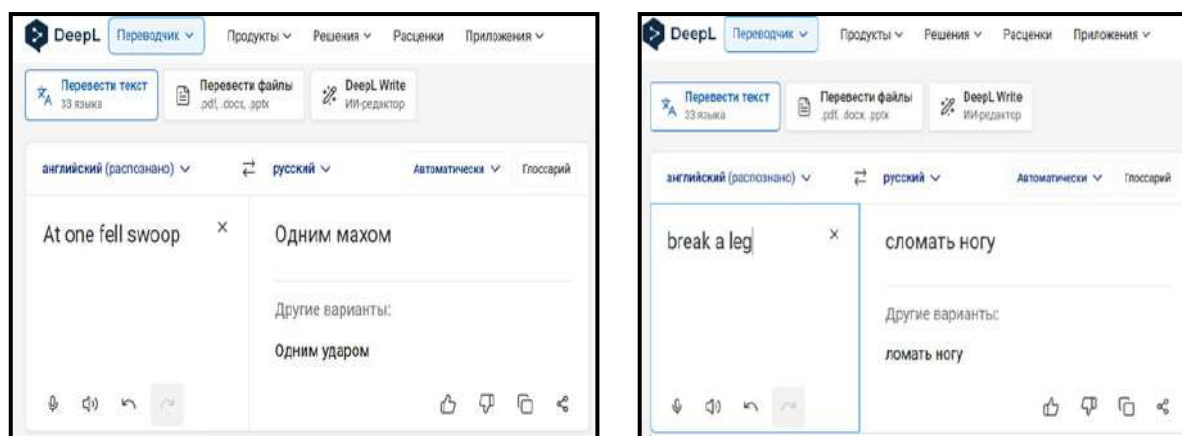


Рис. 1. Результаты перевода идиом от DeepL

SYSTRAN – венгерский сервис машинного перевода, который является одним из старейших электронных средств перевода (более 50 лет). Данный переводчик обладает собственной уникальной системой перевода, имеет веб и программную версию, а также способен переводить сайты и документы разного характера [1]. Например, SYSTRAN активно используется для технического перевода. Главный минус переводчика – платная составляющая. Практически все уникальные функции и качественный перевод становятся доступны лишь при покупке PRO-версии. При отсутствии подписки сервис предоставляет лишь поверхностный перевод. Проверка качества перевода от SYSTRAN при помощи идиом *At one fell swoop* (Одним ударом) и *break a leg* (Ни пуха ни пера) приведена на рис. 2.

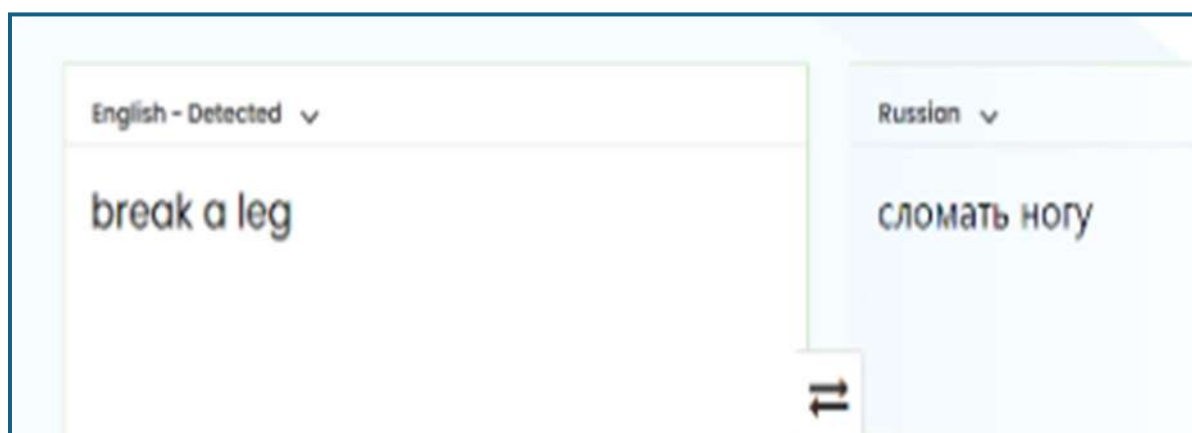


Рис. 2. Перевод идиомы от SYSTRAN

Яндекс Переводчик – сервис для онлайн-перевода текстов и документов от крупного российского IT-гиганта. Данный переводчик обладает функцией голосового ввода, перевода страниц на сайтах и в документах, а также встроенным обширным словарем [2]. Система способна выдавать сразу несколько возможных вариаций перевода в зависимости от стиля, в котором записан текст. Яндекс Переводчик также выводит доказательную базу перевода через ссылки на схожие словосочетания и предложения из книг, сериалов и фильмов. Присутствует аудиоперевод [1]. Как и его предшественники, сервис обладает коммерческой стороной. Благодаря платной подписке пользователю представляется возможным получение перевода сайтов и приложений большого объема, а сам результат будет подкрепляться работой нейросети [3]. Проверка качества перевода от Яндекс Переводчика при помощи идиом *At one fell swoop* (Одним ударом) и *break a leg* (Ни пуха ни пера) приведена на рис. 3.

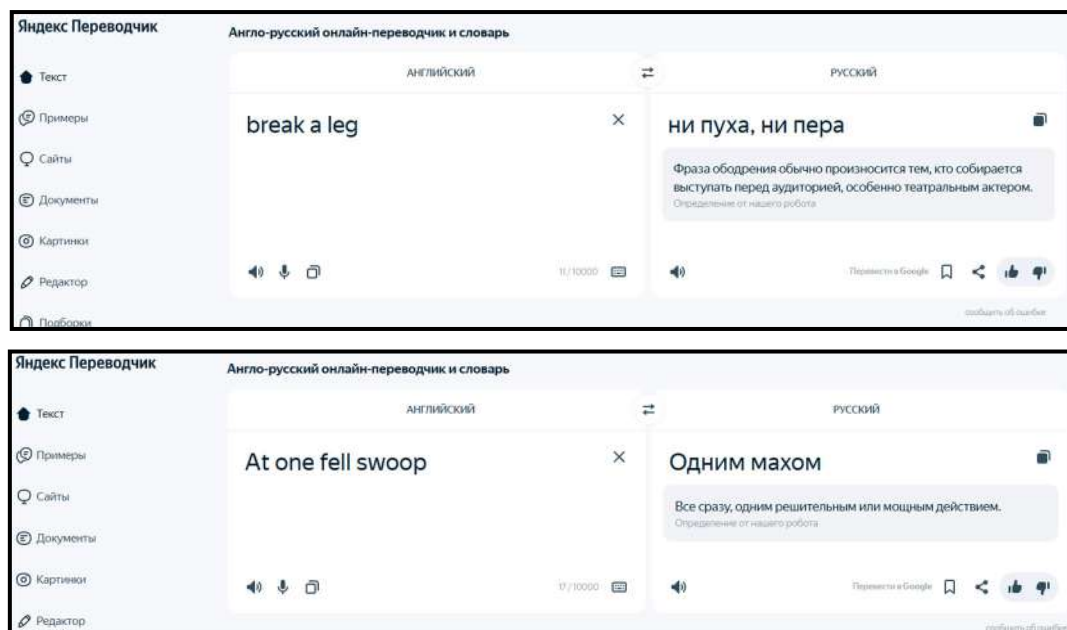


Рис. 3. Результаты перевода идиом от Яндекс Переводчика

Bing Microsoft Translator – сервис для перевода текста от корпорации Microsoft. Сам переводчик обладает внутренними библиотеками и словарями для 108 языков со всего мира. Проверка качества перевода от Bing Microsoft Translator при помощи идиом At one fell swoop (Одним ударом) и break a leg (Ни пуха ни пера) приведена на рис. 4.

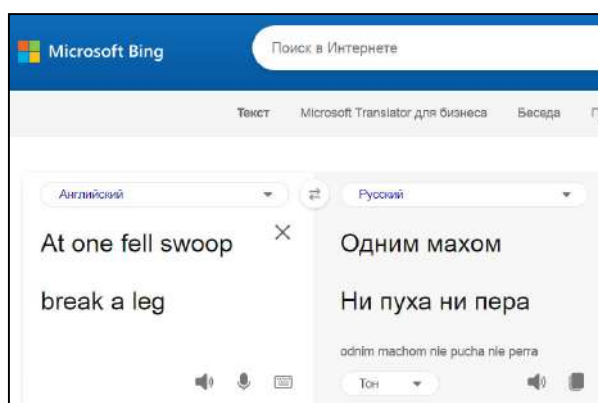


Рис. 4. Результаты перевода идиом от Bing Microsoft Translator

Bing имеет встроенный голосовой ввод и вывод. Существует как в веб, так и в версии приложения. Имеет внутреннее облачное хранилище, которое предназначено для создания библиотеки популярных запросов [1]. Bing – это сервис, специально «заточенный» под налаживание связей между людьми из разных языковых групп путем общения через голосовой ввод в приложении.

Reverso – сервис французской компании, предназначенный для языкового перевода и проверки правильности грамматики. Reverso – это отличный грамматический справочник, словарь и средство подбора синонимов на иностранном языке [3]. Обладает системой корректирования вводимого текста для корректного изучения грамматики чужого языка. Reverso существует как в виде приложения, так и виде веб-сайта. Главными его минусами являются отсутствие голосового ввода, а также поддержание всего 18 языков. Однако приложение обладает огромным перечнем положительных особенностей, например, возможность голосового вывода и создания транслитерации, перевод сайтов и документов больших объемов, а также автоподбор словосочетаний и фраз по смыслу

к записанному нами слову. Коммерческая сторона сайта заключается в расширении пределов количества знаков для перевода [1]. Проверка качества перевода от Reverso при помощи идиом At one fell swoop (Одним ударом) и break a leg (Ни пуха ни пера) приведена на рис. 5.

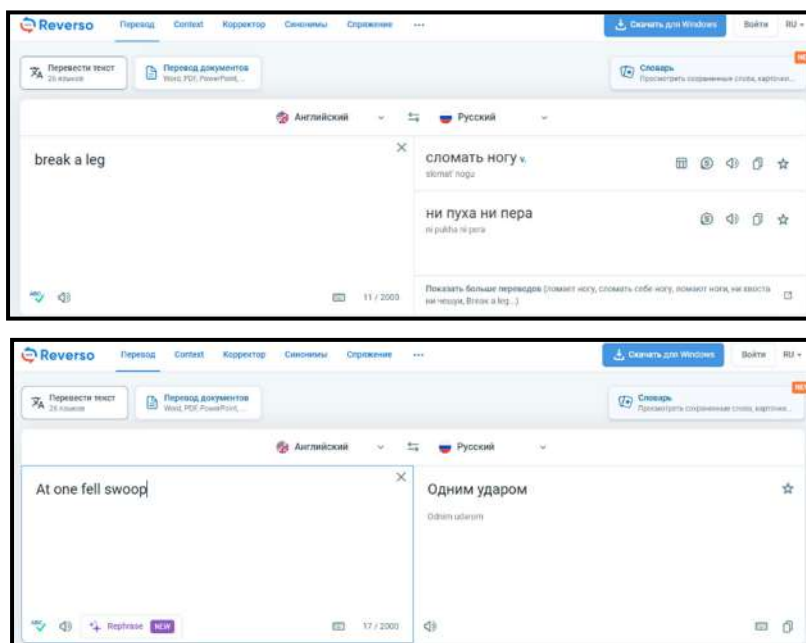


Рис. 5. Результаты перевода идиом от Reverso

Google Translate – один из самых популярных переводчиков в мире от компании Google. Одновременно с этим он является не лучшим вариантом для перевода крупных текстов с крылатыми выражениями [1]. Сервис существует как в виде приложения, так и в виде веб-сайта. Может переводить за раз 5000 символов и имеет голосовой ввод и вывод [4]. Приложение позволяет работать над переводом вместе с другими пользователями, а облачное хранилище предоставляет пользователю доступ к его недавним работам. Проверка качества перевода от Google Translate при помощи идиом At one fell swoop (Одним ударом) и break a leg (Ни пуха ни пера) приведена на рис. 6.

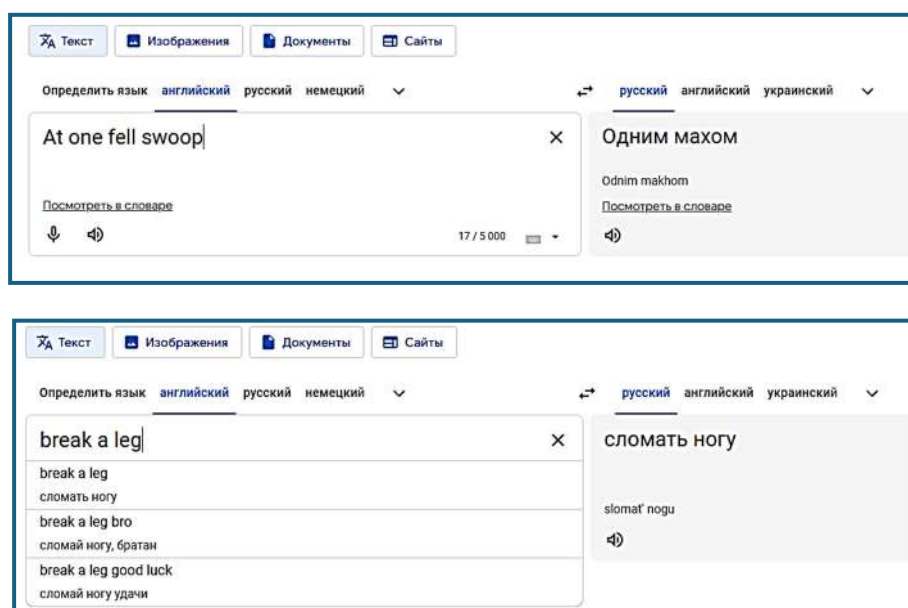


Рис. 6. Результаты перевода от Google Translate

Все основные полученные качественные характеристики возможно систематизировать в табл. 1 и оценить их у каждого сервиса по трехбалльной системе. По результатам общего числа баллов эффективно произвести построение сравнительной диаграммы (рис. 7).

Таблица 1

Качественная характеристика сервисов перевода

Средство перевода	Качественные характеристики										Общая оценка переводчиков
	Наличие отдельного приложения	Голосовой ввод	Голосовой вывод	Обработка документов и сайтов	Учебная направленность	Удобство использования	Количество определяемых языков	Перевод сложных терминов	Облачное хранилище	Возможности бесплатной версии	
DeepL	3	3	3	3	1	3	2	2	2	1	23
SYSTRAN	3	2	2	3	1	2	2	2	3	1	21
Яндекс Переводчик	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	30
Bing Microsoft Translator	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	28
Reverso	3	0	3	3	2	3	2	3	2	3	24
Google Translate	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	28

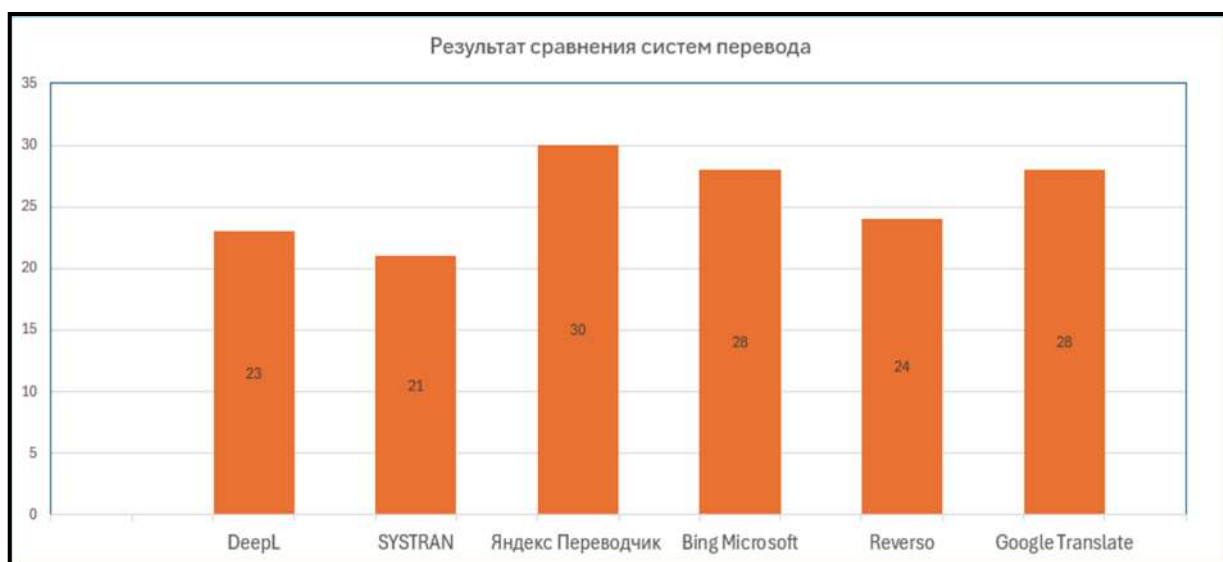


Рис. 7. Сравнительная диаграмма суммы баллов каждого сервиса

Анализируя диаграмму, можно сделать вывод, что лучшим при выборе качественного, удобного и быстрого онлайн-средства перевода является Яндекс Переводчик. За ним следуют Bing Microsoft Translator и Google Translate, которые отстают из-за своей коммерческой составляющей.

Полученный результат демонстрирует, что крупные IT-гиганты обладают большими средствами для создания программных обеспечений различного типа и освещения их в мире. Универсальная бесплатная версия сайта или приложения Яндекс Переводчика предоставляет возможности прямого общения с носителем неродного вам языка, изучения грамматики и произношения иностранных слов, перевода документов и целых сайтов, корректного перевода идиом и сложных профессиональных слов.

Список литературы

1. Топ лучших онлайн переводчиков. 2022. URL: <https://skyeng.ru> (дата обращения: 22.10.24).
2. Зайкин Ф. И. Сравнение качества машинного перевода современных онлайн-сервисов «Яндекс Переводчик» и «DeepL Translate». 2024. С. 181–186.
3. Валиева Л. У., Воронов В. И. Сравнение качества перевода специализированного научно-технического текста ON-LINE переводчиками (на основе материалов статьи по оптической связи) // Иностранные языки в современном мире: состояние и тенденции развития системы оценивания в образовании : сб. ст. VIII Междунар. науч.-практ. конф. Казань, 2015. С. 37–43.
4. Федоренко А. Н. Сравнение функционала трех сервисов онлайн перевода: Google Переводчик, Яндекс Переводчик и Fanyi.Baidu.com // Наука. Технологии. Инновации: 2023 : сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф. Петрозаводск, 2023. С. 204–207.

Информация об авторах

Липатов Кирилл Михайлович, студент, Пензенский государственный университет.

Шепелева Юлия Васильевна, преподаватель кафедры «Иностранные языки и профессиональная коммуникация», Пензенский государственный университет.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

УДК 004

АНАЛИЗ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ЭМОЦИЙ И ВЫЯВЛЕНИЯ ГОЛОСОВОГО СТРЕССА ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В СОЗДАНИИ ДЕТЕКТОРА ЛЖИ

Н. А. Ефимов

Самарский государственный медицинский университет,
Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

naefimov2002@gmail.com

Аннотация. Применяемые на данный момент полиграфы могут лишь регистрировать медицинские показатели состояния человека и фиксировать скачки, интерпретируемые экспертом как ложь, но данный тест не дает никакой информации о причинах утаивания правды (стыд, вина, сожаление, страх и т.д.). Предлагаемое решение состоит в создании комплексного детектора лжи на основе нейронных сетей распознавания эмоций и голоса, которые в режиме реального времени смогут выделять и анализировать признаки и причины лжи совместно с полиграфом. Был проведен литературный обзор исследований ученых разных стран, схожих по тематике с освещаемым в настоящей статье, с целью определения современного состояния решаемой научной проблемы. Полученные результаты являются обобщением информации о разработках в области применения методов машинного обучения для автоматизации выдачи экспертного заключения полиграфолога, анализа голосового стресса на основе объясняемых рекуррентных нейронных сетей и применения методов машинного обучения к результатам функциональной спектроскопии для выявления обмана.

Ключевые слова: полиграф, эмоции, голос, детектор лжи, нейронные сети

Для цитирования: Ефимов Н. А. Анализ нейросетевых методов распознавания эмоций и выявления голосового стресса для применения в создании детектора лжи // Вестник Пензенского государственного университета. 2025. № 1. С. 165–170.

Введение

Распознавание лжи во все времена интересовало людей по всему миру, так как оно является по своей сути важнейшим аспектом человеческого межличностного взаимодействия и так или иначе влияет на каждого индивида в его повседневной жизни. Для выявления обмана люди со временем начали изучать вербальные и невербальные его признаки. Существуют ситуации, в которых распознавание лжи имеет более серьезный характер и статус вопроса общественной безопасности. В таких ситуациях ошибка может стоить жизни человека, поэтому при проведении процедуры дознания эксперту необходимо получить максимально возможное количество достоверной информации о истинном состоянии объекта и выдаваемых им фактах.

Применяемые на данный момент полиграфы могут лишь регистрировать медицинские показатели состояния человека (частота дыхания, частота сердечных сокращений, артериальное давление и потоотделение) и фиксировать скачки, интерпретируемые экспертом как ложь, но в работе этой системы есть ряд значительных недостатков, ставящих под сомнение целесообразность ее использования и получаемых с ее помощью результатов, среди которых: субъективизм, обусловленный личной оценкой показателей (эксперт); изначально неверное понимание целевого результата

(полиграф не определяет: лжет человек или говорит правду, а лишь указывает на возможное наличие обмана по косвенным признакам стресса); отсутствие полноты картины (данный тест не дает никакой информации о причинах утаивания правды (стыд, вина, сожаление, страх и т.д.), которые несут в себе потенциальную полезность для следствия).

Предлагаемое решение состоит в создании комплексного детектора лжи на основе нейронных сетей распознавания эмоций и голоса, которые в режиме реального времени смогут выделять и анализировать вербальные и невербальные признаки и причины обмана, что, в свою очередь, позволит качественно и количественно увеличить объем добываемых в процессе освидетельствования сведений и фактов. В рамках настоящей работы рассматриваются способы создания комплексного детектора лжи на основе нейросетевых технологий, возможность его применения в реальной практике, а также оцениваются полученные с его помощью результаты.

Предметом исследования являются: фотографии, отражающие эмоции испытуемых в процессе интервью, голосовые записи ответов интервьюируемых, сопроводительные показатели, фиксируемые полиграфом.

Целью настоящего исследования являются сбор, анализ и обобщение информации о современных разработках и трудах ученых, которые проводились в данном направлении, для уяснения текущего состояния решаемой научной проблемы.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи:

- провести обзор существующих исследований;
- обобщить полученную информацию и внести уточнения в концептуальную модель.

Результаты

В своей статье В. И. Цурков, профессор Вычислительного центра им. А. А. Дородницына РАН, рассматривает применение нейронных сетей при тестировании на полиграфе для автоматизации функций полиграфолога. В частности, этот подход рекомендует использовать архитектуру Voting Classification и трансформатор для повышения эффективности тестирования на полиграфе, выравнивания характеристик и уменьшения случаев ошибочных выводов относительно ответов субъекта [1, с. 1]. В описании результатов исследований сказано, что общая точность нейронных сетей, использованных в рассмотренных исследованиях, варьировалась от 60,5 до 100 %, при средней точности 88,7 % [1, с. 6]. Данная статья доказывает применимость нейронных сетей в работе с полиграфом, а также актуальность рассматриваемого вопроса и показывает, что работы в этом направлении уже ведутся.

В другой статье сотрудники Университета Нортумбрии Великобритании Кириакос Н. Коцоглу и А. Бидерманн утверждают, что в таких важных средах, как уголовное правосудие и практика трудоустройства, применение методов машинного обучения (МО) к данным скринингов на полиграфе сопряжено с высокими рисками и неизбежными ошибками классификации. Авторы опасаются того, что такие исследования могут ненадлежащим образом легитимировать научно недействительные, фактически псевдонаучные методы, такие как обнаружение лжи на основе полиграфа, особенно когда они представлены в авторитетном научном журнале. Ученые уверены, что освещаемые в статье фундаментальные вопросы должны быть решены, прежде чем можно будет заявлять о какой бы то ни было эффективности таких систем [2, с. 1]. В более общем плане авторы постарались подчеркнуть, что важно раскрыть те аспекты и варианты МО, которые подвержены неправильному применению в криминалистических контекстах, среди которых оторванность исходных данных, промаркированных как «наличие обмана» и «отсутствие обмана» (в оригинале статьи эти метки имеют названия DI и NDI соответственно), от непосредственной истины, которая всегда известна в случае классической задачи контролируемого машинного обучения – классификации. Такая ситуация возникает в разбираемой авторами статье Д. Асонова и др. [3] вследствие взятия исследователями в качестве исходных данных результатов скрининга на полиграфе, размеченных полиграфологами. Такие данные в действительности являются субъективными из-за отсутствия при их разметке

информации об исходной истине. Данная статья предостерегает исследователей от неверного подхода к сбору исходных данных в контексте криминалистики, поэтому рассматривается способ сбора исходных данных с последующей их разметкой на основании заранее известной истины, т.е. респонденты в соответствии с предоставленной им инструкцией в процессе сбора данных должны умышленно идти на обман. Присутствует еще одно важное замечание, указывающее на суть получаемых на скрининге результатов: полиграф не распознает ложь однозначно, а лишь указывает на возможный обман на основе маркеров стресса, таких как скачки частоты сердцебиения, давления и т.д., следовательно, представленные в разбираемом исследовании метки DI и NDI не так информативны, как описывают авторы, и представляют собой субъективное суждение [2, с. 5]. В связи с этим существенным замечанием необходимо уточнить, что в основе работы одного из аспектов предлагаемой системы рассматривается именно выявление обмана, а не детекция лжи как таковая.

В уже упомянутой статье Д. Асонова и др. [3] описывается работа, которая фокусируется на создании инструмента второго мнения для классического полиграфического скрининга. Их исследование рассматривает вопрос о том, как улучшить проверку заключений, сделанных полиграфологами, которые неизбежно склонны к ошибкам. В частности, авторы стремятся использовать МО как новый способ разработки компьютеризированного устройства для проверки заключений, сделанных полиграфологами. Авторы указывают, что их цель не заключается в разработке устройства, которое напрямую выводит утверждения об истинности, т.е. правдивости ответов интервьюируемого на интересные вопросы. Вместо этого авторы пытаются разработать устройство, которое предоставляет утверждение о том, какой вывод сделает (второй) интервьюер на полиграфе относительно правдивости ответов интервьюируемого (т.е. DI или NDI). По этой причине авторы называют свое устройство «инструментом второго мнения». Разница между этими двумя целями тонкая, но важная.

При рассмотрении аспекта голосового анализа для выявления возможного обмана по наличию стресса была подобрана статья преподавателя факультета искусственного интеллекта Университета Кафр-эль-Шейх Фатмы М. Талаат, посвященная созданию объясняемой улучшенной рекуррентной нейронной сети для обнаружения лжи с использованием анализа голосового стресса [4, с. 32277–32299]. В своей статье автор пишет, что для выявления возможного обмана были предложены новые версии программного обеспечения полиграфов, в некоторых из них используется анализ голосового стресса, который можно обнаружить по изменению голосовых паттернов (закономерностей) вследствие влияния на них напряжения в дыхательной системе и тканях. В основе работы такого метода лежит гипотеза о том, что физический стресс, который возникает при лжи, может вызывать нарушения в голосовом паттерне субъекта. Такое программное обеспечение анализирует голосовые нарушения и выдает результат [4, с. 32277]. Исследование сводится к вопросу «Можно ли определить ложь в речи человека, используя нейронную сеть для анализа напряжения в его голосе во время речи?», а если это так, то «насколько существенными могут быть результаты?». Автор в описании полученного результата заявляет о точности предложенной им модели в 97,3 %, что является значительным улучшением по сравнению с существующими методами. Кроме того, явным достижением ИИ алгоритма ERNN является изменение процесса принятия решений в сторону большей прозрачности, что позволяет интерпретировать и визуализировать обнаружение паттернов стресса в понятной для лица, принимающего решения (ЛПР), форме [4, с. 32299]. Такой результат говорит о значимости выявленных алгоритмами машинного обучения закономерностей для обнаружения голосовых паттернов стресса на генеральной совокупности, а также о применимости нейросетевых технологий для выявления обмана на основе анализа голоса объекта. Немаловажной деталью, которую стоит учесть и добавить в концептуальную модель, является предложенный автором анализ тепловых сигнатур лица объекта в процессе интервью, основанный на спектрограммах периорбитальной или периназальной области на тепловых изображениях, которые доступны для получения при применении специального оборудования [4, с. 32278]. В этом предложении автор намекает на возможную корреляцию между интенсивностью свечения этих областей и наличием обмана. Данное предположение хорошо укладывается в концепцию комплексного нейросетевого детектора лжи. Также в статье

присутствует рациональное и полезное в рамках текущего исследования предостережение о непригодности данных, собранных в условиях, когда обман происходил неестественно, для обучения нейросетевого детектора лжи [4, с. 32278]. Приведенное замечание будет учтено при разработке методологии сбора исходных данных.

Для более подробного рассмотрения примеров использования снимков тепловых сигнатур лица в исследовании по выявлению на их основе лжи и оценки потенциальной применимости такого метода была подобрана статья ученых из Кореи и Японии на тему: реализация функциональной спонтанной детекции лжи на основе ближней инфракрасной спектроскопии в интерактивном сценарии [5]. В своем исследовании авторы задаются целью применить методы машинного обучения для детектирования обмана. Проведенный в статье анализ методов и подходов включает в себя рассмотрение таких способов медицинского выявления обмана, как регистрация активации областей мозга, отвечающих за обман, с помощью технологий электроэнцефалографии (ЭЭГ) и функциональной магнитно-резонансной томографии (фМРТ). Среди выявленных недостатков озвученных методов авторы выделяют плохое пространственное разрешение, которое не может ограничить область мозга, связанную с процессом обмана, в случае с ЭЭГ, и высокую стоимость, чувствительность к артефактам движения, громоздкость сканеров фМРТ. Вокруг предложенной авторами альтернативы строится гипотеза исследования о том, что функциональная ближняя инфракрасная спектроскопия (fNIRS) имеет потенциал в обнаружении обмана из-за принципа своей работы, в основе которого лежит измерение активности мозга через гемодинамические реакции, связанные с поведением нейронов. В исследовании фиксируется содержание в крови оксигемоглобина (HbO), дезоксигемоглобина (HbR) и воды, так как они являются значительными поглотителями света, из-за чего легко обнаруживаются на снимках. По сравнению с ЭЭГ и фМРТ, fNIRS предлагает компромисс между временным и пространственным разрешением [5]. Для сбора исходных данных исследователями формировалась выборка из 10 испытуемых, которые должны были играть в карточную игру, называемую блефом. В эксперименте оптический зонд помещался на лоб испытуемого для получения сигналов. Сигнал оксигемоглобина был предварительно обработан для устранения шума [5]. Предложенный игровой способ позволяет создать естественные условия для применения испытуемыми обмана, близкие к реальности. В описании результатов исследования указано, что три предложенные искусственные нейронные сети, вдохновленные моделями AlexNet, ResNet и GoogleNet, достигли точности 88,5, 88,0 и 90,0 % соответственно [5]. Рассмотренное исследование позволяет убедиться в применимости методов инфракрасного сканирования для увеличения спектра анализирующих модулей предлагаемой системы, в связи с этим выявлена необходимость добавления в концептуальную модель нейронной сети для классификации тепловых снимков лица. Также стоит принять во внимание и учесть при разработке методологии сбора данных предложенный авторами статьи способ с карточной игрой.

При составлении общей картины представления современного состояния изучаемой научной проблемы анализировалась статья бразильских исследователей Констансиу А., Цунода Д., Силва Х., Силвейра Ж., Карвалью Д. на тему: обнаружение обмана с помощью машинного обучения: систематический обзор и статистический анализ [6]. Целью своего исследования авторы ставят выявление популярных тенденций, подходов и методов для изучаемого направления, их достоинств и недостатков. В статье опубликованы данные, полученные на основе анализа 648 документов и работ по обнаружению обмана с помощью алгоритмов машинного обучения. В результате проведенного статистического анализа авторы приходят к следующим тезисам: «а) ... Методы машинного обучения, которые наиболее эффективны, – это деревья решений, градиентное усиление, нейронные сети, многопроеекционное обучение, случайный лес и опорные векторные машины (SVM); б) ... В большинстве исследований классификаторы обучались с помощью фиктивных данных, но использование реальных данных растет; признаки включают вербальные и невербальные сигналы, в основном выражения лица, жесты, температуру тела, просодические и вокальные признаки, а также языковые шаблоны; с) ... Производительность измерялась в основном по точности, в диапазоне от 0,51 до 1,0;

другими показателями производительности были F1-балл, площадь под кривой (AUC), невзвешенная средняя полнота (UAR), полнота и точность» [6]. Среди опубликованных результатов не удалось найти упоминания исследования или программного продукта, идентичного предлагаемому в настоящей работе. В статье присутствует подтверждение выдвинутой ранее гипотезы о связи зрительно улавливаемых, а значит, и подлежащих распознаванию нейросетью, изменений в поведении обманщика с переживаемыми им эмоциями, авторы упоминают три связанные с обманом эмоции – вина, страх и восторг. В статье перечисляются и маркеры данных эмоций, среди которых избегание зрительного контакта, учащенное моргание, снижение количества используемых жестов-иллюстраторов. Ученые отметили, что большинство исследований в их выборке используют поведенческие изменения, вызванные эмоциональными колебаниями, вместо эмоций [6].

В дополнение к предыдущему обзору была подобрана статья ученых из Малайзии, представляющая собой систематический обзор литературы по теме «Обнаружение обмана с использованием методов машинного обучения (МО) и глубокого обучения (ГО)» [7, с. 1–15] с применением подхода SLR. SLR (англ. Systematic literature review) – научное исследование статей и материалов по конкретной теме, полученных из авторитетных источников, с последующей их проверкой, отбором и систематизацией в соответствии с выбранными методологиями, позволяющими избежать неточностей и устранить предвзятость (иногда включает метаанализ). Авторы, по их словам, по сравнению с исследованием Констансиу и др., нацелены на тщательное изучение современных особенностей, статистический анализ, работы из областей МО, ДО и микровыражений, прикладные методы и наборы данных [7, с. 1]. В обзоре приводится исследование 127 статей, отобранных после трех фаз обработки материалов. Авторы также демонстрируют наглядную статистику [7, с. 5] по источникам и категориям выбранных статей (рис. 1).

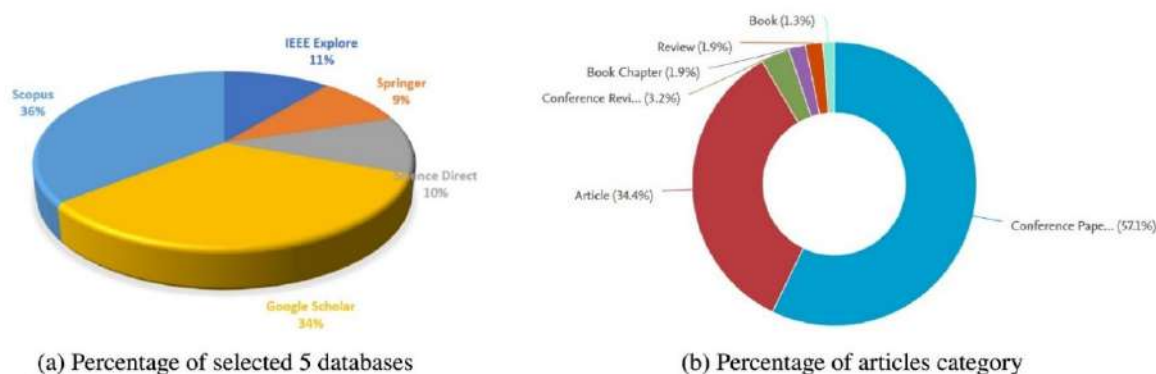


Рис. 1. Источники выбранных статей и их категории

В статье также упоминается еще одно связанное исследование, проводившееся учеными из Туниса Шебби и Джебарой [8, с. 1], которые предложили автоматизированную систему, которая может помочь в принятии решения о возможном наличии обмана, и разработали метод слияния на уровне признаков, который объединяет аудио- и видеомодальности [7, с. 6]. Подобные высказывания все чаще встречаются в статьях по изучаемой теме, и именно они легли в основу гипотезы настоящего исследования о более высоком, по сравнению со всеми существующими средствами, потенциале системы распознавания обмана, использующей совмещение различных методик детектирования. В описании результатов авторами приведены лишь расплывчатые намеки на аспекты изучаемой темы, на которые стоит обратить внимание (среди них психологический профиль объекта, влияющий на его эмоциональное поведение и необходимый для учета в модели, мимические сигналы, естественность поведения и т.д.), что не является ни четкими ответами на поставленные вопросы, ни более точным обзором по сравнению с исследованием Констансиу и др. [6], ни напрямую полезной для настоящего исследования информацией.

Обсуждение

Среди проанализированных материалов в качестве наиболее полезных для настоящего исследования можно выделить: статью Кириакоса Н. Коцоглу и Алекса Бидерманна, являющуюся критикой применения методов МО к полиграфным тестам и предостерегающую исследователей от многих важных ошибок при выборе данного направления; статью Фатмы М. Талаат о выявлении голосового стресса, которая раскрывает аспекты данной задачи и предлагает к рассмотрению идею анализа спектрограмм лица.

Заключение

Проведенный литературный обзор позволил определить современное состояние решаемой научной проблемы, уточнить предлагаемые различными учеными методики сбора исходных данных в рассматриваемом направлении, наиболее интересной среди которых является создание естественных условий для обмана посредством карточных игр, а также методы, имеющие большой потенциал в распознавании обмана и служащие основой для применения МО, среди которых анализ голосовых паттернов, применение функциональной спектроскопии и использование тепловых снимков лица.

Список литературы

1. Цурков В. И., Деревягин Л. А., Макаров В. В. [и др.]. Применение нейронных сетей при тестировании на полиграфе // ResearchGate. 2022. doi: 10.1134/S1064230722040050
2. Коцоглу К., Бидерманн А. Детекция лжи на основе полиграфа и машинное обучение // ScienceDirect. 2024. С. 1–9. doi: <https://doi.org>
3. Асонов Д., Крылов М., Ефимов А. [и др.]. Создание инструмента второго мнения для классического полиграфа // Scopus. 2023. С. 1–14. doi: 10.1038/s41598-023-31775-6
4. Фатма М. Талаат. Объясняемая улучшенная рекуррентная нейронная сеть для обнаружения лжи с использованием анализа голосового стресса // Springer Nature Link. 2023. С. 32277–32299. doi: <https://doi.org>
5. Bhutta M. R., Ali M. U., Zafar A. [et al.]. Artificial neural network models: implementation of functional near-infrared spectroscopy-based spontaneous lie detection in an interactive scenario // Frontiers Comput. Neurosci. 2024. doi: 10.3389/fncom.2023.1286664
6. Констансиу А., Цунода Д., Силва Х. [и др.]. Обнаружение обмана с помощью машинного обучения: систематический обзор и статистический анализ // PubMed. 2023. doi: 10.1371/journal.pone.0281323
7. Шанжита А. П., Нитиахнантан А. Р., Мд Р. И. [и др.]. Обнаружение обмана с использованием методов машинного обучения (МО) и глубокого обучения (ГО): систематический обзор // ScienceDirect. 2024. С. 1–15. doi: 10.1016/j.nlp.2024.100057
8. Шебби С., Джебара С. Б. Подход слияния на уровне аудиовизуальных характеристик, применяемый для обнаружения обмана // Google Scholar. 2020. С. 1–9. doi: 10.5220/0008896201970205

Информация об авторе

Ефимов Николай Александрович, студент, Самарский государственный медицинский университет, Самарский государственный технический университет.

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.