

ДЕПАРТАМЕНТ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
ХАНТЫ-МАНСКИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА-ЮГРЫ

БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
ХАНТЫ-МАНСКИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА-ЮГРЫ
«СУРГУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ АВТОМАТИЗАЦИИ XXI ВЕКА

*Материалы
VI Национальной научно-практической
студенческой конференции*

Сургут 2023

УДК 001(063)
ББК 72
Н 34

Н 34 Проблемы и решения автоматизации XXI века: Сборник материалов VI Национальной научно-практической студенческой конференции, Сургут, 24-25 февраля 2023 г. / Редактор А.А. Исаев; Сургутский государственный университет. – Сургут: СурГУ, 2023. – 121 с.

В сборнике представлены материалы VI Национальной научно-практической студенческой конференции. Прагматика конференции определяется задачей формирования исследовательских коллабораций как в рамках широкого спектра предметных областей – информационные технологии, искусственный интеллект, математическое моделирование и технологии обработки массивов данных, виртуальная реальность и интернет вещей, так и практике взаимодействия различных групп молодых ученых и студентов.

Издание предназначено для преподавателей, аспирантов и студентов, а также для всех, кого интересуют теоретические, методологические и прикладные проблемы автоматизации.

Редакционная коллегия:
Ф.Ф. Иванов, канд. техн. наук,
С.А. Лысенкова, канд. физ.-мат. наук,
А.С. Гордеев, Ш.И. Мутаиров

УДК 001(063)
ББК 72

© БУ ВО ХМАО-Югры
«Сургутский государственный университет», 2023

СОДЕРЖАНИЕ

Секция I.

МЕТОДЫ, АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

<i>Гордеев А.С.</i> ПРОБЛЕМЫ КОНВЕРСИИ И АДАПТАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ СМЕНЕ ПЛАТФОРМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ И ПУТИ ИХ РАЗРЕШЕНИЯ: ОТ БОЛЬШИХ ЭВМ ДО ГАДЖЕТОВ В УСЛОВИЯХ МАССОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ СЕТЕВЫХ И ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ	5
<i>Дёмко И.А.</i> ТАКТИКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ МОДИФИКАЦИИ АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ	13
<i>Гришмановская О.Н.</i> ПРИМЕНЕНИЕ СВЯЗАННЫХ ОТКРЫТЫХ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕРВИСОВ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ	19
<i>Жебель В.А.</i> МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА СЕТЕВОГО ТРАФИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ	23
<i>Рассадин А.А., Смородинов А.Д.</i> АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ГЛУБОКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ УРАВНЕНИЙ ПО ИХ ГРАФИЧЕСКИМ ОБРАЗАМ	28
<i>Филиппов И.М.</i> МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ 2D и 3D ОБЪЕКТОВ С ЗАДАНЫМ ИТОГОВЫМ НАБОРОМ СВОЙСТВ	34
<i>Хаматнуров Р.Ф.</i> МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ СВЕРТКИ ИСХОДНЫХ 2D и 3D ОБЪЕКТОВ В ИНВАРИАНТНЫЙ И ВЕРОЯТНОСТНЫЙ «ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД»	37
<i>Шадрина В.М.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ТАНЦЕВАЛЬНАЯ СТУДИЯ» ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ	41
<i>Федотов Д.В.</i> ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО МЕТОДА ДЛЯ ВЫБОРА КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ	47
<i>Чирко Р.А.</i> ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВЕН НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПАЦИЕНТА	52

*ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ, ДИАГНОСТИКА
И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ*

<i>Акулинин Д.С.</i> МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ПО УЧЁТУ И КОНТРОЛЮ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ ТРУБНОЙ ПРОДУКЦИИ В ПАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ»	59
<i>Мухаметчина В.А.</i> ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ЗАЯВОК НА ОСНОВЕ СТАТИЧЕСКОГО ПОДХОДА	63
<i>Рызыванов В.В.</i> СОЗДАНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЭКЗЕМПЛЯРОВ ОБЪЕКТОВ В МУЗЫКАЛЬНО-СТРИМИНГОВОЙ ПЛАТФОРМЕ SPOTIFY	70
<i>Семенова В.О.</i> ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ СБОРА СЛОВ В СЕМАНТИЧЕСКИ СВЯЗНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ	76
<i>Смородинов А. Д., Рассадин А.А.</i> ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ В ОБЩЕМ ВИДЕ УРАВНЕНИЙ ПО ИХ ГРАФИЧЕСКОМУ ОБРАЗУ ГЛУБОКИМИ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ	81
<i>Романовский М.В.</i> СПЕКТРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ	87
<i>Кондрашов Д.Е.</i> СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА УДАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	93
<i>Хитрень Д.В., Урманцева Н.Р.</i> СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ: МЕТОДЫ, ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ ВО ФЛЕБОЛОГИИ	99
<i>Борисюк А.А.</i> АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕМНЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АРХИТЕКТУР	105
<i>Бусыгин И.С.</i> МЕТОДЫ, СРЕДСТВА, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ, МОДЕЛИРУЮЩЕЙ ДВИЖЕНИЕ КРОВИ В НИЖНЕЙ ПОЛОЙ ВЕНЕ ЧЕЛОВЕКА	114

Секция I.
**МЕТОДЫ, АЛГОРИТМЫ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ
В АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ**

УДК 2.14

**ПРОБЛЕМЫ КОНВЕРСИИ И АДАПТАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ
СМЕНЕ ПЛАТФОРМ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ
И ПУТИ ИХ РАЗРЕШЕНИЯ: ОТ БОЛЬШИХ ЭВМ ДО ГАДЖЕТОВ В УСЛОВИЯХ
МАССОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ СЕТЕВЫХ И ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

Гордеев А.С., аспирант, gordeev_as@edu.surgu.ru
Научный руководитель: Иванов Ф.Ф., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,
профессор кафедры АСОИУ,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

Аннотация. В статье изучается проблема адаптации программного обеспечения, связанная с развитием аппаратного обеспечения, появлением новых информационных технологий, расширением сфер использования вычислительной техники и технологий передачи данных; проводится анализ вариантов решения проблемы конверсии и адаптации программного обеспечения в процессе развития аппаратного обеспечения и информационных технологий. На основе проведенного анализа предлагаются рекомендации для решения проблемы в будущем.

Ключевые слова: адаптация программного обеспечения, программно-аппаратная платформа, прикладное программное обеспечение, конверсия, большие ЭВМ, гаджеты, мобильные приложения

**CONVERSION AND ADAPTATION ISSUES SOFTWARE WHEN CHANGING PLATFORMS
OF AUTOMATED SYSTEMS AND WAYS TO RESOLVE THEM:
FROM MAINFRAMES TO GADGETS IN THE CONDITIONS
OF MASS APPLICATIONS NETWORK AND CLOUD TECHNOLOGIES**

Gordeev A.S., graduate, gordeev_as@edu.surgu.ru
Scientific supervisor: Ivanov F.F., Ph.D. Computer Science,
Professor of Department ADPSC, Surgut State University, Surgut, Russia

Annotation. The report raises the problem of software adaptation associated with the development of hardware and the emergence of new information technologies along with the expansion of the use of computers and data transmission technologies. The analysis of options for solving the problem of conversion and adaptation of software at various stages of development of hardware and information technologies is carried out. Based on the results of the analysis, a methodology is issued to solve the problem in the future.

Keywords: software adaptation, software and hardware platform, application software, conversion, mainframe computers, gadgets, mobile applications

Введение. Проблема конверсии (перевод программного обеспечения (ПО) с одной

аппаратно-программной платформы (АПП) на другую) и адаптации ПО появилась, когда большие ЭВМ получили широкое применение в экономике и производстве. Возникла она из-за кардинальных отличий новых АПП от ранее применявшихся. Следующий виток проблем относится к периоду появления персональных компьютеров (ПК). Эта проблема существует и в настоящее время, в период массового применения мобильных устройств (смартфонов, ноутбуков, планшетов и др.).

В исследовании проводится ретроспектива разрешения проблем конверсии и адаптации программного обеспечения на различных этапах развития вычислительных средств и информационных технологий.

Целью исследования является выдача рекомендаций по разработке программного обеспечения при решении проблем конверсии и адаптации программного обеспечения в будущем.

Материалы и методы. Для выработки рекомендаций сформулированы следующие задачи:

1) изучить историю развития вычислительной техники с момента широкого применения больших ЭВМ, ПК и гаджетов, и появления первых проблем конверсии и адаптации программного обеспечения при их большом разнообразии и значительной несовместимости;

2) определить, какие методы решения проблемы использовались на каждом этапе существенного эволюционного и революционного развития информационных технологий и аппаратных средств;

3) на основе проведенного анализа и текущего состояния информационных технологий, выдвинуть предположения о возможных вариантах дальнейшего развития АПП и / или ПО и выдать рекомендации по решению будущих проблем.

В качестве материалов использовалась информация из открытых источников, учебников, учебных пособий, нормативно-справочных материалов, стандартов, информационных ресурсов сети Internet, посвященных истории вычислительной техники и информационных технологий, а также из источников о современных информационных технологиях, получивших повсеместное использование.

В основе любой информационной технологии лежат программные и аппаратные средства. В связи с этим рассматривается взаимное влияние развития программных и аппаратных средств в прошлом, в настоящее время, и в будущем.

Результаты. На самых начальных этапах основной задачей информационных технологий было повышение эффективности обработки данных по уже формализованным или легко формализуемым алгоритмам. Так как вычислительные ресурсы (производительность ЦП и объем ОЗУ) ЭВМ того времени были очень ограничены, то основными целями было достижение минимального количества тактов процессора для выполнения задач той или иной программы и минимального использования ОЗУ. В этот период все машины были программно несовместимы и решали уникальные задачи, а программное обеспечение было полностью специальным.

Как решение этих проблем, в 1961 году фирмой IBM был разработан проект-концепция «Система-360» (рис. 1).

Основные положения этой концепции, позволившие решать проблемы развития программного обеспечения и информационных технологий того периода:

- 1) унификация периферийных устройств;
- 2) введена единица измерения объема информации - байт, равная 8 битам;
- 3) использование центрального процессора для решения широкого круга задач;
- 4) поддержка трансляторов самых распространенных языков программирования (Фортран, Кобол, RPG, Алгол 60, ПЛ/1);
- 5) программная совместимость между всеми ЭВМ семейства за счет применения технологии «микрокода» [1].

Проблема конверсии решалась, в том числе, благодаря реализации поддержки трансляторов самых распространенных языков программирования.

Следующий этап развития информационных технологий и программного обеспечения



Рис. 1. «Система-360» 1964 г.

можно связать с появлением персональных компьютеров (ПК). Он характеризуется появлением большого числа персональных компьютеров (рис. 2) с различными аппаратными архитектурами и различными операционными системами (UNIX, CP/M и др.). Кроме компании Intel и Motorola, появляются такие производители процессоров как Zilog (процессор Z80) и MOS (процессор MOS6502). Широкое распространение получает язык программирования Basic (так как его интерпретатор является, в большинстве случаев, предустановленным на заводе). Компьютеры находят применение не только в офисе, но и дома. В мире появляются компании, которые занимаются разработкой и продажей различного программного обеспечения. На рынке появляется как офисное программное обеспечение (редакторы таблиц, текстовые редакторы, графические редакторы), так и развлекательное. Широкое распространение получают языки программирования. Появляется каскадная модель процесса разработки ПО, в которой выделяются следующие стадии: анализ, проектирование, разработка, тестирование, внедрение. Основная парадигма программирования это - процедурное программирование. Языки программирования: Фортран, Кобол, Алгол, Паскаль, С и т.п.



Altair 8800
1975 г.



MOS KIM-1
1976 г.



Apple I
1976 г.



Apple II
1977 г.



TRS-80
1977 г.



Commodore PET
1977 г.



Sinclair ZX81
1981 г.



Commodore 64
1982 г.

Рис. 2. Первые персональные компьютеры

На этом этапе, снова, всё решила корпорация IBM, которая решила обратить внимание на

рынок персональных ПК. Но, не желая рисковать большим бюджетом как в случае с IBM360, было решено использовать уже имевшиеся на рынке компоненты. Был выбран процессор Intel 8088. В этот раз IBM сделала проект открытым, позволив сторонним фирмам производить совместимое оборудование, и открыв доступ к BIOS (Basic Input Output System). В качестве ОС была выбрана MS-DOS от почти неизвестной тогда компании Microsoft. Модульность MS-DOS позволяла использовать ее на различных аппаратных платформах [2]. Появились: IBM-PC совместимая архитектура, MS-DOS совместимые программы. Проблема конверсии была и решалась она производителями ПО и аппаратного обеспечения самостоятельно. Производители и разработчики программного обеспечения, которые не смогли обеспечить IBM-PC совместимость и совместимость с MS-DOS, потеряли популярность и были вытеснены с рынка.

Дальнейшее развитие технологий программирования привело к появлению парадигмы визуально-объектно-ориентированного программирования (рис. 3, пример ВиООП). Теперь разработка программного обеспечения велась не на уровне алгоритмов, а на уровне предметной области (объектов). Этому способствовало и развитие вычислительной техники: кратный рост производительности процессоров и увеличение объема ОЗУ с одновременным его удешевлением. Появляются языки ООП: Java, C++, ObjectPascal и т. п.

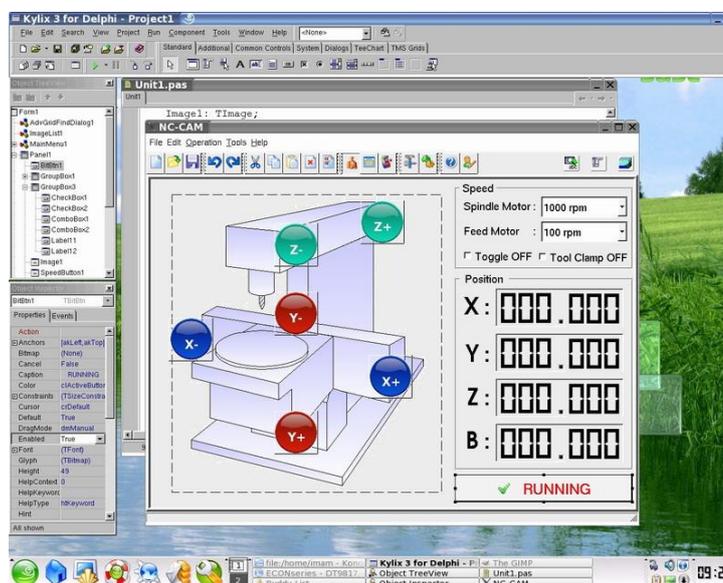


Рис. 3. Пример среды визуально-объектно-ориентированного программирования

Появляются стандарты языков программирования, которые решают проблему переносимости программного обеспечения между различными программно-аппаратными платформами. Основной способ взаимодействия с компьютером – клавиатура и манипулятор «мышь». Проблема конверсии на этом этапе решалась применением языков ООП, которые обеспечивали кроссплатформенность разработки. Лучшим решением на этом этапе был переход на язык программирования Java, который компилировал свой байт-код, и выполнение его происходило в Java виртуальной машине [3].

Следующий этап – это внедрение технологии internet (и сети Интернет/Internet), появление WEB-технологий. Появление нового класса приложений - WEB Browser-ов [4] и различных технологий и языков программирования в них: Flash и JavaScript. Благодаря широкому распространению локальных вычислительных сетей, возникает трехзвенная архитектура программного обеспечения: клиент, сервер приложений, сервер базы данных. Появляются социальные сети и мессенджеры для мгновенного обмена сообщениями. Человек, оставаясь дома, может мгновенно получать и отправлять электронные письма в любой уголок планеты, где есть Internet. В проектировании и разработке программного обеспечения появляются CASE (рис. 4), Low-CODE, no-CODE платформы, позволяющие полностью абстрагироваться от какого-то

конкретного языка программирования и, как следствие, АПП.

Проблема конверсии ПО на этом этапе остро не стояла, так как программы WEB-браузеры должны были поддерживать уже ставшие стандартами форматы HTML, XML и должны были обеспечивать поддержку JavaScript. Это обеспечивалось очень быстрым ростом количества интернет-ресурсов и различных интернет-сервисов. Проблему конверсии прикладного ПО решало применение CASE, Low-CODE, no-CODE платформ проектирования и разработки.

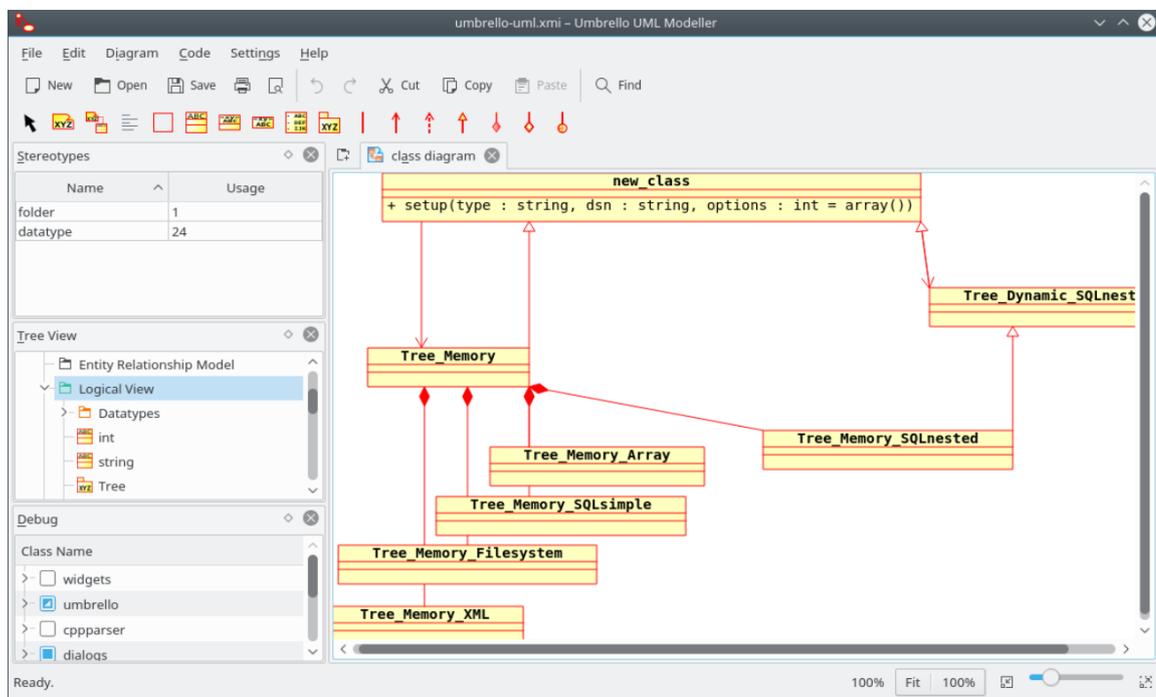


Рис. 4. Пример CASE среды Umbrello

Появление и развитие мобильной связи и технологий передачи данных, микроминиатюризация вычислительных средств и появление графических операционных систем для мобильных устройств с дружелюбным и простым в понимании интерфейсом, в частности: iOS, Android, Windows Mobile, Symbian, приводит к появлению такого класса устройств, как карманный персональный компьютер (КПК), а симбиоз его с телефоном для мобильной связи, в дальнейшем, к появлению смартфонов (рис. 5).



Рис. 5. Первый смартфон IBM Simon 1992 г.

Основное устройство взаимодействия пользователя с устройством – сенсорный экран (не нужны клавиатуры и манипуляторы «мышь»). Доступность средств разработки для мобильных операционных систем, стандартизация языков программирования, рост количества мобильных устройств вызывают появление множества приложений. Смартфоны используют для посещения

социальных сетей, развлекательных информационных ресурсов и игр. Они становятся основным цифровым помощником в быту. Спрос рождает предложение и, как следствие, появляется рынок мобильных приложений с многомиллиардными оборотами.

Как и для обычных ПК, проблема конверсии и упрощения разработки кроссплатформенного ПО была решена с помощью языка Java. Позже (когда остались только iOS и Android) уже появляются библиотеки и фреймворки на базе браузерных технологий без использования языков программирования: Xamarin [5], Flutter [6], Cordova [7], Phonegap [8]. Они позволяют создавать кроссплатформенные приложения.

Дальнейший рост вычислительных мощностей и технологий передачи данных служит предпосылкой для создания облачных технологий и даёт вторую жизнь технологиям искусственного интеллекта (ИИ), которые были забыты на некоторое время из-за высоких требований от ИИ к производительности информационных систем. Происходит скачок в развитии технологий распознавания образов, понимания естественной речи, синтеза речи. Широкое применение получают нейронные сети. Диалог человека с облачными вычислительными системами возможен на естественном языке (мобильные телефоны и «умные» колонки). Системы получают возможность автоматически подстраиваться под желание конкретного пользователя (например, поисковые сервисы, сервис видео-хостинга YouTube, интернет-магазины и т. п.).

На данном этапе проблемы конверсии не существует, так как ПО разрабатывается, в основном, на платформонезависимых языках программирования и фреймворках. Повсеместное использование WEB и облачных технологий также позволяет абстрагироваться от конкретной АПП.

Результаты проведенного анализа можно представить в табличном виде (табл. 1).

Табл. 1. Этапы и способы решения проблемы конверсии ПО

№	Этап перехода на новые АПП	Период	Аппаратные средства	Программные средства	Была конверсия (да/нет); способ
1.	Большие ЭВМ	1960 гг.	ЭВМ на транзисторах	Специализированное ПО	Да. Проект-концепция «Система-360».
2.	Персональные компьютеры	1980 гг.	Первые микропроцессоры с малой скоростью и малым объемом ОЗУ	Проприетарные ОС, интерпретатор языка BASIC	Да. Появление архитектуры IBM-PC, MS-DOS совместимых программ.
3.	ООП и ВиООП	1990 гг.	ЭВМ на производительных микропроцессорах с большим объемом ОЗУ	Операционные системы с графическим интерфейсом пользователя	Да. Появление стандартов языков ООП и языка Java в частности.
4.	WEB-технологии Internet	1990 гг.	ЭВМ на производительных микропроцессорах с большим объемом ОЗУ	Новый тип прикладного программного обеспечения – WEB Browser.	Нет. Применялся язык программирования JavaScript и Flash технологии. В разработке ПО – CASE, no-CODE, low-CODE платформы.
5.	Смартфоны	2000 гг.	Мобильные устройства	Мобильные ОС (iOS, Android, Windows Mobile, Symbian)	Нет. Применялся язык ООП Java, а позже фреймворки на базе браузерных технологий.
6.	Искусственный интеллект	Наше время	Любая вычислительная платформа (CPU, GPU, FPGA, ASIC)	Системы общения на естественном языке	Нет. Применяются WEB и облачные технологии.

История показывает, что почти все проблемы конверсии решались с появлением стандартов

(в хронологическом порядке):

1. Унификация периферийных устройств. Выбор стандарта единиц измерения и хранения информации. Стандартизация процесса разработки ПО.
2. Стандартизация языков программирования.
3. Стандарты взаимодействия программ с ОС (API технология) и интерфейсов пользователя (графические интерфейсы).
4. Стандарты протоколов Internet и языков WEB программирования; Стандартный язык разметки WEB страниц – HTML, XML, XHTML.
5. Стандарты телекоммуникационных технологий. В частности, для GSM связи – 2G, 3G, 4G и т. д.

Заключение. Проведенный анализ эволюции программного обеспечения и интерфейсов взаимодействия пользователя с вычислительными системами позволяют предположить, что в будущем основным разработчиком программного обеспечения будет искусственный интеллект. Программное обеспечение будет разрабатываться по требованию пользователя и с интерфейсом, в котором будут учитываться предпочтения и желания пользователя.

Скорее всего, пользователь будет пользоваться не готовыми программными продуктами (Microsoft Office, Chrome и т.д.), а облачными технологиями и технологиями искусственного интеллекта какой-либо корпорации или компании-провайдера. Основным способом взаимодействия с информационными системами будет диалог на естественном языке (ИИ уже сейчас способен различать голоса разных людей) или нейроинтерфейс (исследования уже ведутся). Планируется широкое применение квантовых вычислительных систем.

Конверсия ПО в будущем будет обеспечена новыми стандартами и технологиями:

1. Стандарты нейроинтерфейсов для взаимодействия человек-машина.
2. Стандарты облачного хранения информации и взаимодействия с пользователем. Сейчас стандартом де факто при разработке облачных сервисов, является применение микро-сервисной архитектуры ПО.
3. Стандарты взаимодействия и программирования квантовых вычислительных систем.
4. Единый стандарт хранения нейронных сетей для возможности переноса или распределения между серверами с различными АПП.

Рекомендуемые технологии для разработчиков ПО:

1. Использование CASE, Low-CODE, no-CODE технологий при проектировании и разработке программного обеспечения.
2. Использование библиотек и фреймворков на базе браузерных технологий без использования языков программирования.
3. Использование облачных технологий: SaaS, IaaS, PaaS. Не исключено расширение их номенклатуры в процессе эволюции АПП.

Проблемы конверсии программного обеспечения в настоящий момент носят локальный характер и решаются на уровне операционных систем, системных библиотек и фреймворков. Для разработчика прикладного ПО проблем не должно быть, они будут решаться набором рекомендуемых технологий.

Литература:

1. Казакова И.А. История вычислительной техники: Учеб. пособие / И.А. Казакова. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2011. – 232 с.
2. Фролов А., Фролов Г. MS DOS. Т.1. Кн. 3. – М.: Диалог-МИФИ, 1992. – 222 с.
3. Герберт Шилдт. Java. Полное руководство. 10-е изд. / Java. The Complete Reference. 10-th Ed. – М.: Диалектика, 2018. – 1488 с.
4. Браузер // Википедия: сайт. – URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=11079&oldid=128697090> (дата обращения: 20.02.2023).
5. Хамарин // Википедия: сайт. –

URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=4692603&oldid=127215949> (дата обращения: 12.12.2022).

6. Flutter // Википедия: сайт. –

URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=7711629&oldid=128944719> (дата обращения: 20.02.2023).

7. Cordova // Википедия: сайт. –

URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=6928912&oldid=128134939> (дата обращения: 27.01.2023).

8. PhoneGap // Википедия: сайт. –

URL: <https://ru.wikipedia.org/?curid=3737684&oldid=120670540> (дата обращения: 15.03.2022).

УДК 004.42

ТАКТИКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ МОДИФИКАЦИИ АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

Дёмко И.А., магистрант, djomko_ia@edu.surgu.ru
Научный руководитель: Иванов Ф.Ф., канд. техн. наук, ст. науч. сотр., профессор кафедры АСОИУ, Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

Аннотация. Статья посвящена проблеме выбора архитектуры программного обеспечения автоматизированных систем обработки данных при внесении изменений в существующую архитектуру или при её смене. Приводятся причины смены архитектуры программного обеспечения. Рассматриваются широко используемые архитектуры программного обеспечения автоматизированных систем обработки данных. На основе описания структуры, состава, отличительных особенностей архитектур формулируются выводы об информационных системах, эффективность работы которых повышается при реализации конкретной архитектуры программного обеспечения.

Ключевые слова: автоматизированная система обработки данных, архитектура программного обеспечения, модификация архитектуры программного обеспечения

DECISION-MAKING TACTICS OF AUTOMATED DATA PROCESSING SYSTEM SOFTWARE ARCHITECTURE MODIFICATION

Djomko I.A., graduate student, djomko_ia@edu.surgu.ru
Scientific supervisor: Ivanov F.F., Ph.D. Computer Science, Professor of Department ADPSC, Surgut State University, Surgut, Russia

Annotation. The article is dedicated to the problem of choosing the software architecture of automated data processing systems when making changes to the existing architecture or when it is changed. The reasons for changing the software architecture are given. Widely used software architectures for automated data processing systems are considered. Based on the description of the structure, composition, and distinctive features of architectures, conclusions are drawn about information systems, the efficiency of which increases when a specific software architecture is implemented.

Keywords: automated data processing system, software architecture, software architecture modification

Введение. В процессе эксплуатации автоматизированных систем обработки данных (АСОД) возникает потребность внесения изменений в архитектуру программного обеспечения (ПО) для его эффективного использования и сопровождения. Модификация или смена архитектуры ПО АСОД – это трудоемкая и сложная задача. Для решения данной задачи требуется определить характеристики ПО, требующие улучшения. На основании результатов таких исследований и информации о существующих архитектурах определяется и детализируется новая архитектура ПО.

Проблема выбора архитектуры ПО АСОД выросла из необходимости использовать новейшие подходы к организации ПО АСОД для обеспечения его надежности, быстродействия, и снижения затрат на разработку, реорганизацию и сопровождение. На основе постоянно появляющихся и развивающихся информационных технологий разрабатываются новые

архитектуры ПО. Важно знать достоинства и недостатки как существующих, так и недавно разработанных архитектур, чтобы объективно оценивать целесообразность внесения изменений в существующую архитектуру конкретного ПО в контуре автоматизации предприятия.

Целью исследования является определение тактики смены архитектуры ПО АСОД на основе сведений о существующих, широко используемых архитектурах программного обеспечения.

В рамках исследования рассматривается архитектура ПО АСОД «Подсистема геолого-технологических работ» («ПГТМ»), используемой в ПАО «Сургутнефтегаз».

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

- 1) изучить предпосылки, условия модификации архитектур ПО АСОД;
- 2) рассмотреть типовые структуры архитектур ПО, применяемые информационные технологии, проанализировать отличительные характеристики рассмотренных архитектур ПО АСОД;
- 3) на основе описаний архитектур выявить и проанализировать их достоинства, недостатки при реализации в ПО АСОД;
- 4) проанализировать архитектуру ПО АСОД «ПГТМ», выявить недостатки архитектуры ПО, сформулировать вывод о ее возможной модификации.

Принятие решения о модификации архитектуры ПО АСОД может обуславливаться широким рядом причин. Большинство из них связано с развитием и появлением компьютерных и базовых информационных технологий (таких как Internet, облачные технологии), необходимостью обеспечивать высокую скорость обработки и передачи данных, упрощения процессов разработки и сопровождения программного обеспечения информационных систем. Большое влияние на принятие решения о модификации и выборе новой архитектуры ПО оказывают требования и ограничения к использованию ПО (в частности, импортозамещение), установленные сроки разработки, наличие опыта реализации конкретных архитектур ПО и многие другие причины. В настоящее время импортозамещение является одной из решающих причин реорганизации ПО АСОД, и поиска лучших архитектурных решений.

Для реализации, рефакторинга и модификации ПО АСОД, в зависимости от решаемых ими задач, существует ряд современных архитектур ПО – подходов к организации структуры ПО, способов взаимодействия его элементов между собой и с внешней средой. Среди архитектур, часто применяемых для реализации ПО АСОД, можно выделить следующие:

- монолитную;
- клиент-серверную (многоуровневую);
- сервис-ориентированную;
- микросервисную;
- гибридную.

Монолитная архитектура – это архитектура, структурные элементы которой организованы в виде единого модуля. Программные компоненты монолитного приложения тесно связаны друг с другом, поэтому модификация одного компонента может быть невозможна без внесения изменений в другие компоненты. Монолитный подход к организации ПО считается традиционным и не требует больших затрат при реализации. Данный подход все реже используется как основной при проектировании ПО АСОД. В отдельных случаях может производиться реализация элементов ПО как монолитных компонентов.

Монолитная архитектура предполагает простоту разработки и высокую производительность ПО небольших объемов. В остальных случаях реализация монолитной архитектуры приводит к проблематичности сопровождения, масштабирования и развития ПО вследствие высокой зависимости программных компонентов друг от друга [1]. Помимо этого, монолитные приложения обладают низкой надежностью при отказах отдельных программных компонентов – в такой ситуации отказывают все связанные компоненты, что зачастую приводит к отказу приложения.

Клиент-серверная архитектура предусматривает разделение элементов ПО по проведению операций над данными, получению результатов таких операций и организует взаимодействия между такими элементами посредством клиент-серверных технологий.

Клиент-серверные технологии подразумевают наличие следующих компонентов:

- клиент, предназначенный для отправки запросов на обработку данных сервером и отображения результатов обработки данных для работы с ними пользователя;
- сервер, принимающий запросы от клиента и осуществляющий обработку данных;
- сеть, как структурная единица, с помощью которой осуществляется обмен данными по определенным протоколам [2].

Отдельно в составе клиента и сервера можно выделить приложения, выполняющие все операции над данными. Приложения сервера направлены на сбор, хранение и обработку информации, приложения клиента – на отображение результатов работы серверных приложений.

Структура клиент-серверной технологии представлена на рис. 1.

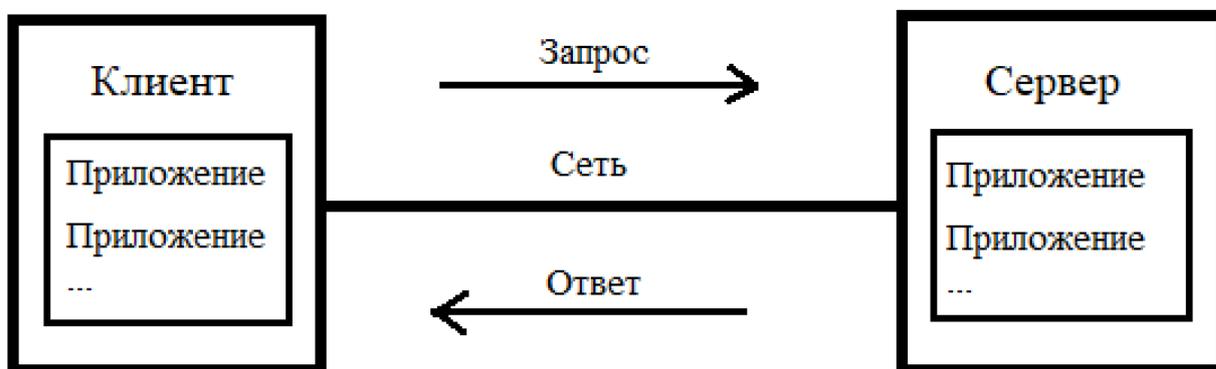


Рис. 1. Структура клиент-серверной технологии

Такая архитектура ПО позволяет реализовывать системы аппаратно или программно-независимые от отдельных элементов ПО (например, баз данных) [3]. Часто клиент-серверную архитектуру используют для реализации многоуровневых архитектур, отдельные уровни которых взаимодействуют друг с другом посредством клиент-серверных технологий. Многоуровневая архитектура может иметь два, три и более уровней, разделяющих ответственность между поставщиком данных и потребителем.

Важной особенностью сервера является организация работы с клиентами в многопользовательском режиме. В ПО с многоуровневой архитектурой серверы делятся на группы (кластеры) по функционалу: серверы баз данных (для хранения, обработки и передачи больших объемов данных), серверы приложений (для хранения и выполнения серверных приложений).

Сервис-ориентированная архитектура (СОА) организует ПО в виде компонентов и приложений, связь между которыми осуществляется посредством внедрения в структуру программного обеспечения служб – сервисов. Сервисы – это слабо связанные приложения, выполняющие операции по обработке данных в рамках одного или нескольких этапов бизнес-процесса, и имеющие интерфейс для взаимодействия с приложениями. В СОА сервисы могут комбинироваться друг с другом и повторно использоваться для реализации аналогичных алгоритмов на разных этапах бизнес-процесса. Однако наличие сильных взаимосвязей между сервисами недопустимо.

По функциональности в СОА выделяют следующие программные компоненты:

- сервис, обладающий интерфейсом для связи с другими программными компонентами;
- реестр сервисов – каталог доступных сервисов, хранящий документы описания сервисов;
- сервер приложений, хранящий реализации сервисов и организующий работу потребителя с ними;

– потребитель сервисов, выполняющий запросы к серверу на выполнение определенного сервиса и получение результатов его работы [4].

Взаимодействие компонентов СОА показано на рис. 2.

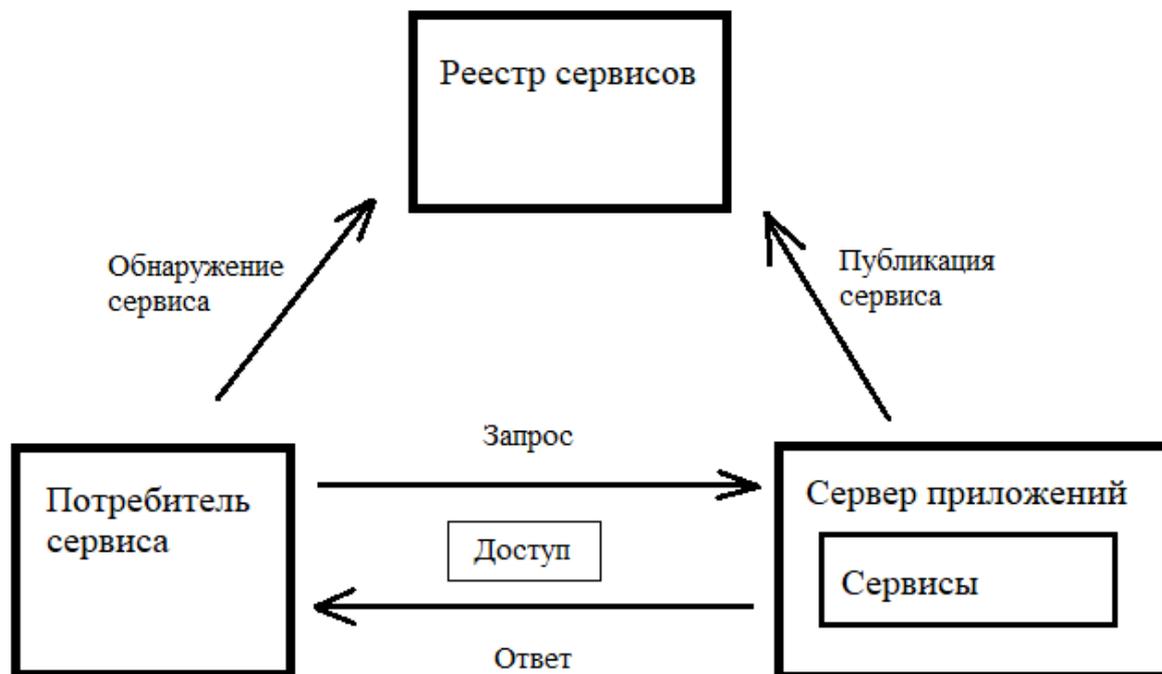


Рис. 2. Взаимодействие программных компонентов СОА

Сервис-ориентированная архитектура обеспечивает эффективную работу системы и ее сопровождение. Эффективность снижается при увеличении связности сервисов, однако наличие связей между сервисами и возможность их повторного использования сокращают время разработки ПО. В зависимости от исходной архитектуры АСОД может потребоваться переосмысление бизнес-процессов системы при переводе ПО системы на сервис-ориентированную архитектуру.

Идея микросервисной архитектуры (МСА) основывается на сервис-ориентированном подходе к организации ПО, при котором происходит переосмысление взаимодействия служб. Службы в МСА называются микросервисами, их ключевое отличие от сервисов СОА состоит в отсутствии связности между микросервисами [5]. Независимость микросервисов достигается за счет их дублирования. Микросервисы не могут использоваться повторно, как сервисы в СОА. Другим отличием от СОА является наличие у микросервисов собственных контекстов данных. Микросервисы обладают всеми необходимыми для функционирования компонентами, такими как база данных, и существуют как независимые процессы. Ключевые отличия СОА и МСА представлены в табл. 1.

Гибридная архитектура объединяет в себе подходы нескольких разных архитектур. Существует множество вариантов гибридных архитектур ПО. В частности, можно выделить группу Web-серверных архитектур, организующих взаимодействие между клиентом и сервером посредством технологии Internet.

Каждая реализация гибридной архитектуры происходит с учетом особенностей ПО конкретной АСОД. Реализация данной архитектуры позволяет производить переход на новую архитектуру с меньшей затратой финансовых и трудовых ресурсов. Итоговое ПО может обладать или не обладать рядом преимуществ или недостатков, характерных для отдельных архитектур, но при этом соответствовать показателям, которые были выбраны приоритетными при реализации ПО конкретной системы. Вместе с тем, реализация гибридной архитектуры требует высокой квалификации участников проектирования и разработки ПО.

Табл. 1. Сравнение СОА и МСА

	СОА	МСА
Подход к реализации служб	Сервисы используются повторно	Микросервисы дублируются. Дублированные микросервисы требуют индивидуальный контекст данных, развиваются независимо
Простота внесения изменений в службы	С повышением связности сервисов внесение изменений усложняется	Из-за отсутствия связности микросервисов при внесении изменений в одну службу другие службы не подвергаются изменениям
Развертывание, тестирование	При высокой связности сервисов развертывание и тестирование отдельных служб может затронуть другие службы	Микросервисы развертываются и тестируются независимо друг от друга

ПО АСОД «ПГТМ» имеет двухуровневую архитектуру, в которую входят монолитный клиент и программный компонент на базе СУБД, хранящий элементы бизнес-логики. Монолитная архитектура клиента отрицательно влияет на производительность ПО и надежность ПО в целом. Еще один недостаток системы состоит в использовании импортной СУБД, что создает риски длительного отказа системы при появлении ограничений на использование данной СУБД для российских предприятий.

Результаты. Основываясь на описаниях архитектур ПО, можно сделать выводы об их преимуществах и недостатках.

Особенности монолитной архитектуры позволяют сделать вывод, что она в большинстве случаев не является лучшим вариантом для реализации в сложных системах, ее реализация возможна в ПО небольшого объема.

К преимуществам клиент-серверной архитектуры можно отнести хорошую масштабируемость и высокую производительность обработки данных, обусловленную использованием вычислительных ресурсов сервера (а не клиента) для обработки данных. С другой стороны, клиент-серверные технологии предполагают возможность перегрузки трафика в сети при обращении множества клиентов к одному ресурсу сервера. Другие недостатки архитектуры, например, потенциальные проблемы с безопасностью, зависимость клиентов от конкретной базы данных, вытекают по большей части из конкретных проектировочных решений и могут быть нивелированы при разработке ПО АСОД. Клиент-серверная архитектура широко применяется в централизованных многопользовательских системах.

Из преимуществ СОА можно выделить:

- высокую эффективность разработки и сопровождения ПО, построенного на принципах данной архитектуры, за счет повторного использования сервисов и их слабой зависимости;
- высокую адаптивность – существующие сервисы легко дорабатывать и интегрировать в другое ПО, построенное на принципах СОА.

К ее недостаткам можно отнести ограниченные возможности масштабирования, усложнение процесса сопровождения ПО при наличии связности между сервисами.

Микросервисная архитектура, как развитие СОА, разделяет ее сильные стороны. При этом, из-за отсутствия связности между сервисами, упрощается масштабирование, доработка ПО, а развертывание каждого микросервиса может проводиться независимо от других микросервисов [6]. Однако такой подход требует больших трудовых затрат, чем реализация СОА.

В настоящее время становится частым перевод архитектуры ПО АСОД на МСА и СОА, поскольку эти архитектуры обеспечивают достаточную гибкость и масштабируемость ПО, упрощают его сопровождение, повышают производительность.

На практике наилучшим решением для реализации архитектуры ПО может оказаться не

типовая архитектура, а гибридная, в которой интегрированы подходы разных архитектур.

Для решения проблем, обусловленных текущей архитектурой ПО и используемыми программными средствами в ПО АСОД «ПГТМ», ПО системы переводится на SOA, происходит смена СУБД. Бизнес-процессы выделяются из компонента на базе СУБД и, частично, из клиента и реализуются в виде WEB-приложений, размещаемых на сервере приложений. Таким образом, повышается производительность и надежность клиента при отказе отдельных модулей. В процессе разработки и сопровождения не будет требоваться перекомпиляция и пересборка всего ПО, можно будет вносить изменения в конкретные модули, в то время как остальные модули продолжают функционировать в штатном режиме.

Заключение. В статье представлены предпосылки и условия модификации архитектур ПО АСОД, рассмотрены типовые архитектуры ПО, реализуемые в ПО АСОД. Проанализированы достоинства и недостатки каждой рассмотренной архитектуры, сделаны выводы об их реализации в ПО АСОД. Проанализирована архитектура ПО АСОД «ПГТМ», рассмотрен вариант модификации архитектуры с учетом ее текущих недостатков.

Принятие решения о модификации архитектуры ПО АСОД для каждой конкретной системы требует знания принципов организации бизнес-процессов, заложенных в разных архитектурах, и оценки эффективности ПО в области реализации его задач и требований к обработке данных. Дальнейшее обоснование выводов о применимости архитектур ПО к реализации в АСОД может помочь принятию решений о модификации архитектур ПО АСОД в рамках перехода на отечественные программные средства, что позволит повысить надежность ПО АСОД.

Литература:

1. Монолитная архитектура. Традиционный метод разработки приложений [Электронный ресурс]. – URL: https://codernet.ru/articles/drugoe/monolitnaya_arhitektura_tradiczionnyij_metod_razrabotki_prilozhenij/ (дата обращения: 05.03.2023).
2. Обзор технологии клиент-сервер [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.xelent.ru/blog/obzor-tekhnologii-klient-server/> (дата обращения: 05.03.2023).
3. Архитектура информационных систем: Учеб. пособие / Сост. И.В. Беляева. – Ульяновск: УлГТУ, 2019. – 192 с.
4. Что такое сервис-ориентированная архитектура? [Электронный ресурс]. – URL: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/service-oriented-architecture/> (дата обращения: 09.03.2023).
5. 4 типа архитектуры программного обеспечения [Электронный ресурс]. – URL: <https://nuancesprog.ru/p/12019/> (дата обращения: 05.03.2023).
6. Отличие SOA от микросервисной архитектуры [Электронный ресурс]. – URL: <https://microarch.ru/blog/soa-vs-msa> (дата обращения: 05.03.2023).

УДК 004.624:004.043

ПРИМЕНЕНИЕ СВЯЗАННЫХ ОТКРЫТЫХ ДАННЫХ ПРИ ПОСТРОЕНИИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕРВИСОВ В СФЕРЕ ОБРАЗОВАНИЯ

Гришмановская О.Н., аспирант, grishmanovskaya_on@surgu.ru
Научный руководитель: Бушмелева К.И., д-р техн. наук, заведующая кафедрой АСОИУ,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия
Гришмановский П.В., канд. техн. наук, доцент кафедры АиКС,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

Аннотация. Тенденция повышения информационной открытости различных сфер человеческой деятельности способствует распространению технологий открытых данных, потенциал которых заключается в возможности создания новых общественно-значимых сервисов, предоставляющих гражданам актуальную и объективную информацию.

Применение связанных открытых данных сопряжено с решением ряда задач на пути распространения технологий открытых данных в целом и в сфере образования, в частности. Решение ряда технологических, социальных и правовых вопросов необходимо для создания и использования открытых данных образовательных организаций и построения информационных сервисов на их основе.

Ключевые слова: открытые данные, связанные открытые данные, образование, информационный сервис

APPLICATION OF RELATED OPEN DATA IN CONSTRUCTION OF INFORMATION SERVICES IN THE SPHERE OF EDUCATION

Grishmanovskaya O.N., graduate, grishmanovskaya_on@surgu.ru
Scientific supervisor: Bushmeleva K.I., Doctor of Technical Sciences,
Head of Department ASOIU, Surgut State University, Surgut, Russia
Grishmanovsky P.V., Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
Surgut State University, Surgut, Russia

Annotation. The tendency to increase the information openness of various spheres of human activity contributes to the spread of open data technologies, the potential of which lies in the possibility of creating new socially significant services that provide citizens with relevant and objective information.

The use of linked open data is associated with solving a number of problems on the way to the dissemination of open data technologies in general and in the field of education in particular. The solution of a number of technological, social and legal issues is necessary for the creation and use of open data of educational organizations and the construction of information services based on them.

Keywords: open data, linked open data, education, information service

Введение. Современное общество характеризуется высокой степенью зависимости социальных, политических, экономических, деловых и др. процессов от наличия, достоверности и актуальности информации, необходимой для осуществления соответствующей деятельности. Увеличение объемов данных, представленных в цифровом виде, оказывает влияние на процессы и

изменяет их, переводя в разряд информационных сервисов, предоставляющих актуальную информацию на основе потребностей человека в решении тех или иных задач. Одной из таких областей является сфера образования. Однако, наличие множества разрозненных или слабо связанных источников информации в этой сфере не позволяет построить полноценные сервисы, так как адекватность консолидированных данных от таких источников не может быть гарантирована. Решением может являться вовлечение участников образовательной деятельности в процесс организации информации в виде системы наборов связанных открытых данных.

Целью настоящего исследования является разработка моделей открытых данных в сфере образования для построения на их базе актуальных информационных сервисов для широкого круга заинтересованных лиц.

Материалы и методы. Для достижения поставленной цели исследования были сформулированы следующие задачи:

- определить потребности в открытых данных в сфере образования;
- определить основные препятствия в распространении открытых данных в сфере образования;
- определить основные положения построения единой системы открытых данных в сфере образования;
- предложить общую структуру информационных сервисов в сфере образования;
- разработать информационные модели наборов открытых данных образовательных организаций.

В качестве материалов исследования использовались научные статьи и монографии, посвященные вопросам публикации открытых данных в Интернет.

Результаты. Под открытыми данными (ОД) подразумевают, как правило, официальную государственную информацию для общего доступа. В настоящее время в РФ идет интенсивное внедрение предоставления в электронном виде различных государственных услуг и в этом контексте ОД приобретают особое значение [1]. В России технологии открытых данных внедряются как на уровне государства, так и в регионах, и с этой целью реализуется некоммерческий проект OpenGovData.ru – хранилище открытых данных. На данном портале представлены государственные открытые данные по различным направлениям деятельности. Однако, в целом процесс внедрения открытых данных пока находится на начальном уровне и информация зачастую представлена в недостаточно формализованном виде.

Наряду с правительственными данными важное место занимают научно-образовательные открытые данные. Образование является одной из важнейших потребностей граждан в современном обществе и одним из приоритетов государственной политики. Однако, в настоящее время ОД образовательных организаций представлены в недостаточной степени.

Такие данные вузов, как проходной балл при поступлении, включая проходной балл прошлых лет, перечень специальностей и направлений подготовки и реализуемых образовательных программ, трудоустройство выпускников и т.д. интересны, в первую очередь, абитуриентам и их родителям. Сами вузы заинтересованы в таких данных, как востребованность выпускников тех или иных направлений и специальностей подготовки на рынке труда, направления подготовки, востребованные у абитуриентов и их ожидания в части содержания образовательных программ, приоритеты государственной политики в части получения специалистов тех или иных направлений подготовки для нужд национальной и региональных экономик и др. [2]. Могут использоваться ОД из разных сфер деятельности для обеспечения оптимальной работы образовательной организации, улучшения качества оказываемых услуг в учебной, научно-исследовательской, административно-хозяйственной и др. областях, а также для предоставления образовательного контента.

Основными препятствиями на пути распространения открытых данных в сфере образования в настоящее время являются [3, 4]:

1. Отсутствие единого формата открытых данных. Данные выкладываются на сайте вуза не в машиночитаемом формате, а в форматах, требующих дополнительной обработки.

2. Неинформативные для конечного потребителя наборы данных. Существует большое количество наборов ОД, но отсутствие четкой структуры усложняет их использование.

3. Нет понимания сущности открытых данных и того, как с ними работать, у участников образовательного процесса, не хватает специалистов по работе с данными, вследствие чего ОД вузов представлены очень скудно.

4. Не разрешены многие вопросы безопасности информации личного характера и правовые аспекты публикации контента в форме ОД.

Для преодоления этих препятствий необходимо, в первую очередь, учитывать, что под открытыми данными понимаются данные или информация, которые представлены в машинно-читаемом формате, доступны для использования и последующей обработки без ограничений, непроприетарны и др. Построение сервиса, например, национального масштаба, на основе ОД, представленных разными поставщиками, требует наличия четких семантических связей, которые должны быть проработаны в виде ER-диаграмм и должны отражать связи между сущностями, что соответствует пятизвездочной модели, которую предложил Тим Бернерс-Ли [1, 4]: данные должны быть доступны в сети Интернет под открытой лицензией в качестве машиночитаемых структурированных данных в непроприетарном формате с использованием открытых стандартов консорциума W3C, предназначенных для идентификации объектов и их элементов посредством URI ссылок, обеспечивающих связность различных наборов открытых данных между собой, что позволяет определять семантику данных посредством создания общего контекста.

В настоящее время существует ряд исследований как в России, так и за рубежом, посвященных разработке онтологий образовательной системы и отражающих различные ее аспекты [5]. В действительности можно наблюдать, что открытые данные в некоторых сервисах недостаточно структурированы, не всегда соблюдаются требования технологического аспекта, не учитывается нормативно-правовая база предоставления ОД.

Приведение информации к единообразной системе должно включать в себя:

- четкое описание структуры ОД;
- унифицированный формат представления ОД;
- регламент обновления ОД, связанный с актуальностью информации;
- сохранение истории предыдущего состояния данных до внесения изменений.

С учетом всех перечисленных аспектов необходимо ориентироваться на уровень «пять звезд» по классификации Тима Бернерс-Ли [5, 6], обеспечивающий интеграцию данных на всех уровнях и их совместное использование, что выполнимо только на уровне сообщества или государства при соблюдении технологических принципов связанных открытых данных [6]:

1. Применение URI (универсальных идентификаторов ресурсов) для идентификации любых объектов и их частей.

2. Использование HTTP URI для поиска и интерпретации объектов.

3. Предоставление информации по URI-запросам с использованием открытых стандартов, таких как RDF и SPARQL.

4. Включение в публикуемые данные URI-ссылок на другие наборы данных для получения связанной информации.

Таким образом, связанные открытые данные, доступные для свободного использования всеми пользователями без ограничений и механизмов контроля, в совокупности образуют семантическую сеть – информационную модель предметной области, включающую как собственно данные, так и ссылки для анализа и использования связанных данных, объединяемых семантическим контекстом. Различного рода ограничения на использование и распространение ОД могут быть исключены посредством открытых лицензий, в частности, копилефт-лицензий [7] для обеспечения невозможности ограничить любому человеку право использовать, изменять и распространять как исходное произведение, так и произведения, производные от него [8].

С учетом положений, изложенных выше, разработана обобщенная структура распределенных информационных сервисов в сфере образования и ведется уточнение информационных моделей актуальных наборов связанных открытых данных организаций

высшего образования.

Заключение. На сегодняшний момент тема ОД является актуальной и востребованной, но для полноценного использования этой технологии и получения от нее общественно-значимой пользы, необходимо решать проблемы технологические, нормативно-правовые и методические. Нужны стандарты работы с ОД, которые позволят решить вопросы со структурой, обработкой ОД, внедрением систем автоматизации на их основе и исключением влияния человеческого фактора. Также необходимо учесть и защитить интересы участников создания, формирования и использования ОД.

Литература:

1. Открытые данные: проблемы и решения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/otkrytye-dannye-problemy-i-resheniya/viewer>.
2. Закрытые открытые данные [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://libinform.ru/read/articles/Zakrytye-otkrytye-dannye/>.
3. Работа с открытыми данными: особенности публикации и использования в российском правовом поле [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.infoculture.ru/wp-content/uploads/2020/11/OpenDataReview.pdf>.
4. Революция открытых данных: ожидания и результаты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://te-st.ru/2016/06/08/open-data-revolution/>.
5. Шульга Т.Э. О проблемах разработки открытых связанных данных в сфере высшего образования и науки РФ / Т.Э. Шульга, А.А. Сытник // Математические методы в технике и технологиях. – 2019. – Т. 11. – С. 52–61.
6. Tim Berners-Lee. Linked Data [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>.
7. Лицензии и инструменты Creative Commons [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Лицензии_и_инструменты_Creative_Commons.
8. Копилефт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dic.academic.ru/dic.nsf/ruwiki/7954>.

УДК 004.77

МЕТОДЫ И АЛГОРИТМЫ АНАЛИЗА СЕТЕВОГО ТРАФИКА ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ДОСТОВЕРНОСТИ ДАННЫХ

Жебель В.А., аспирант, vladzhebel@yandex.ru

*Научный руководитель: Солдатов А.И., д-р техн. наук, профессор кафедры АСОИУ,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

Аннотация. В статье представлены результаты исследования способов защиты информации, передаваемой по вычислительным сетям, которые могут быть перехвачены и прочитаны, а также перехвачены и модифицированы. Показано, что существующие методы защищают информацию в сети с помощью криптографии (шифрования трафика) и только несколько методов проводят анализ поля TTL (Time to Live) – время жизни пакета. В статье проведены исследования стека протоколов TCP/IP, сетевой модели OSI и полей кадра, пакета и сегмента. В результате исследования автор предлагает использовать коэффициент достоверности для повышения достоверности передачи данных в сети предприятия за счет использования проверочных пакетов. Данный коэффициент является составным и включает в себя различные флаги и поля из сетевых протоколов стека TCP/IP, которые анализируются после приема. По результатам анализа делается вывод о достоверности принятых данных.

Ключевые слова: защита информации, сетевой трафик, коэффициент достоверности, поле кадра, протокол TCP/IP

METHODS AND ALGORITHMS FOR NETWORK TRAFFIC ANALYSIS TO DETERMINE DATA RELIABILITY COEFFICIENT

Zhebel V.A., graduate, vladzhebel@yandex.ru

*Scientific supervisor: Soldatov A.I., Doctor of Technical Sciences,
professor of Department ASOIU,
Surgut State University, Surgut, Russia*

Annotation. The article presents the results of a study of ways to protect information transmitted over computer networks that can be intercepted and read, as well as intercepted and modified. It is shown that the existing methods protect information on the network using cryptography (traffic encryption) and only a few methods analyze the TTL field. The article studies the TCP / IP protocol stack, the OSI network model and the frame field. As a result of the study, the authors propose to use the reliability coefficient to increase the reliability of data transmission in the enterprise network through the use of test packages. This coefficient is composite and includes various flags and fields from the network protocols of the TCP/IP stack, which are parsed upon receipt. based on the results of the analysis, a conclusion is made about the reliability of the received data.

Keywords: information protection, network traffic, confidence factor, frame field, TCP/IP protocol

Введение. В настоящее время практически все данные предприятий и организаций, перемещаются через среду глобальной сети, а именно, глобальной сети интернета. Данные, которые передаются по сетевым каналам связи, могут быть перехвачены и прочитаны, а также перехвачены и модифицированы. Кроме того, помехи в каналах передачи данных искажают данные, передаваемые по сети. В таком случае, данные, полученные по сети, могут нести в себе, как вредоносные программы, такие как вирусы, черви, троянские кони, а также

модифицированные данные или просто неправильные данные. Проблематикой воздействия на данные или прослушивания данных в сетевом трафике занимаются многие ученые, в частности: А.В. Черниговский, М.В. Кривов, А.Л. Истомин, В.А. Буковшин, Д.А. Чуб, И.Н. Колосок, А.Ч. Аманова, и другие. Каждый из них предлагает различные методы и способы решения указанных проблем на разных уровнях и для разных вычислительных сетей [1]. Однако они имеют недостаток, заключающийся в том, что практически все методы решают данный вопрос при помощи криптографии (шифрования трафика) и только пара методов обращаются к анализу поля TTL.

Материалы и методы. Автором предложен новый метод проверки достоверности данных передаваемых по сети предприятия и за ее пределы. Метод проверки достоверности данных заключается в расчете коэффициента достоверности информации. Объектом в данном исследовании выступает процесс анализа сетевого трафика для определения достоверности данных передаваемых по сети. Предметом же являются методы, алгоритмы и средства обеспечения анализа сетевого трафика для определения достоверности данных. Целью данной работы является повышение достоверности данных, передаваемых по сетям предприятия. За основу взят подход, заключающийся в выявлении «маячков» в кадрах, пакетах, сегментах трафика, которые собираются в качественные и количественные характеристики. Данные передаются по сети и подсчитываются на конечной электронно-вычислительной машине. Пакеты передаются через определенное время, с определенным размером. Инструменты для этого можно применять различные, как самые простые, такие как утилита ping в расширенном ее применении, так и специальным программным средством на примере Scapy (<https://scapy.net/>).

Исследовав стек протоколов TCP/IP и сетевую модель OSI, были исследованы PDU (Protocol Data Unit - обобщённое название фрагмента данных на разных уровнях стека протокола TCP/IP) различных уровней, исследованы кадр, пакет и сегмент данных.

В процессе исследования кадра, информативных признаков полей кадра выявить не удалось. Как показано на рис. 1 поля кадра состоят из: начала кадра (Frame start), адресации (Addressing), типа (Type), управления (Control), самих данных (Data), проверки на ошибки (Error Detection) и конец кадра (Frame Stop). Данные, содержащиеся в этих полях, в основном действуют в рамках локальной сети, и при переходе через маршрутизатор меняют свои показатели. Однако в данном PDU как количественную характеристику можно использовать размер кадра.



Рис. 1. Поле кадра сетевого протокола Ethernet

Далее рассматривается следующий PDU – IP-пакет данных. Исследование проводилось на пакете протокола IPv4 (рис.2). В данном пакете используются поля, такие как:

- DSCP (Differentiated Services Code Point) - под которое выделено 6 бит, это поле используется для разделения трафика на классы обслуживания;
- поле Flag (флаги) для него выделено три бита, которые используются для контроля над фрагментацией пакетов. В данном поле выбран второй бит;
- поле TTL (Time-to-Live) имеет размер один байт или восемь бит и называется оно «время жизни» пакета, данное поле нужно, чтобы пакет не блуждал по сети до бесконечности в том случае, если конфигурация транзитных узлов некорректная и возникла петля маршрутизации. В данном поле можно выбрать значение известное заранее для проверочного пакета и его можно изменить через какое-то время [2].

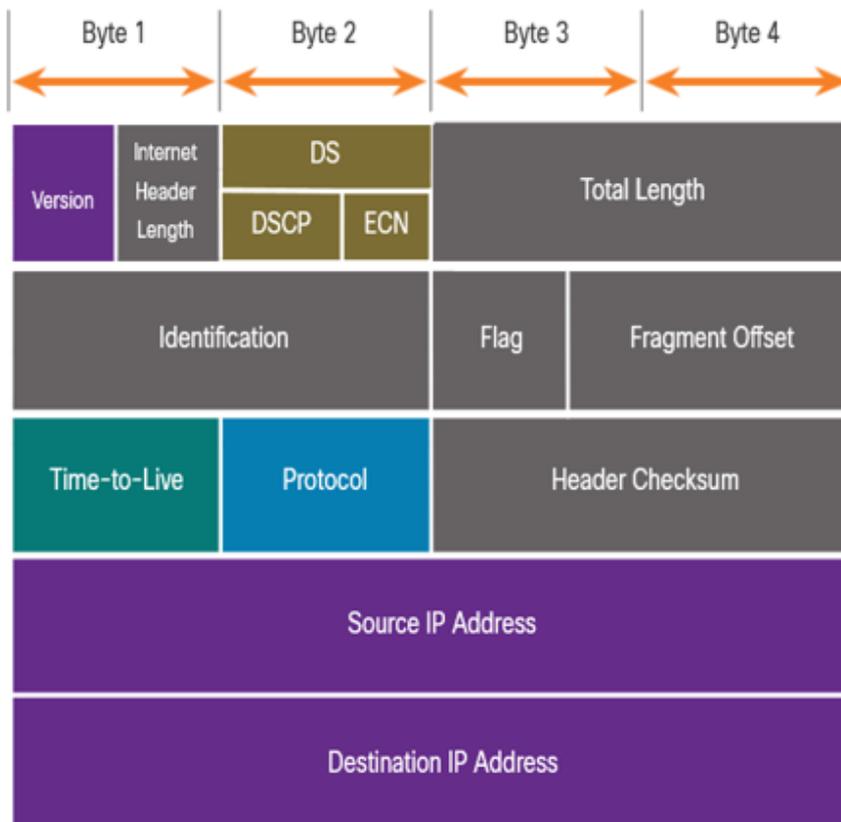


Рис. 2. Фрагмент заголовка пакета сетевого протокола IPv4

Выше был рассмотрен сетевой протокол IPv4, однако в протоколе IPv6 есть похожие флаги (рис. 3), которые можно использовать для данного решения. PDU сетевого протокола IPv6 отличается от IPv4,



Рис. 3. Фрагмент заголовка пакета сетевого протокола IPv6

в то же время поле «Класс трафика», где находятся флаги – DSCP (Differentiated Services Code Point) и «Hop Limit» (поле вместо TTL) остаются, что дает возможность использовать их для целей кодирования.

Следующим PDU является сегмент протокола TCP (Transmission Control Protocol) - протокол управления передачей (рис. 4). В данном PDU используются: поле срочно (urgent) – 16-битное поле, используемое для указания срочности содержащихся данных, контрольные биты (control bits) – 6 бит, также есть гипотезы по использованию поля опции (options).

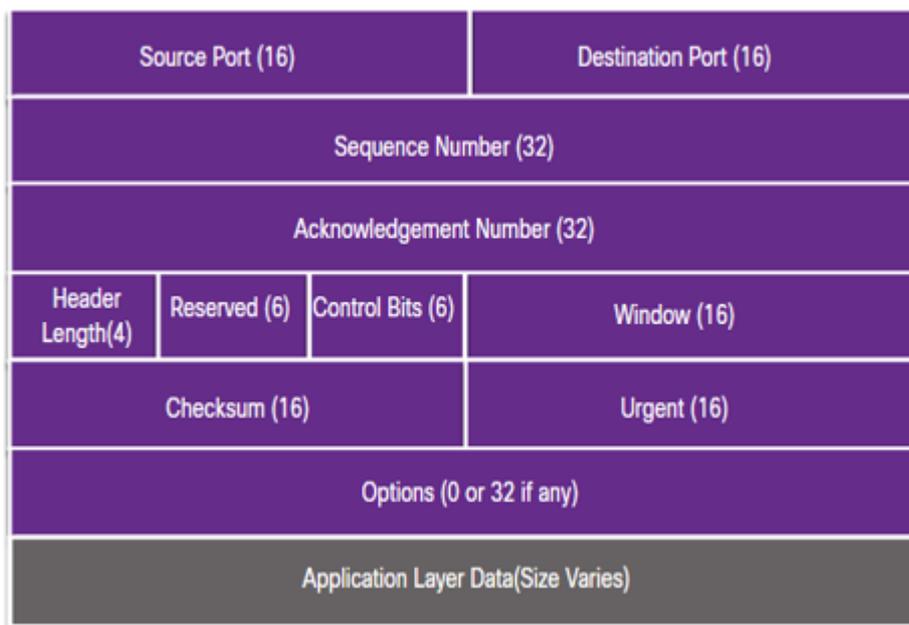


Рис. 4. Поля сегмента сетевого протокола TCP

При кодировании нужно определить, через какие интервалы времени будет осуществляться отправка проверочных пакетов, например, одна секунда или две. Также в дополнение к полям сегмента, можно добавить поля Sequence Number протокол TCP и Acknowledgement Number; они отвечают за количество ожидаемых сегментов, и номер сегмента, поступивший в данный момент времени. Дополнительно рассматривается еще вариант внесения и кодирования информации, которая инкапсулируется с верхнего уровня (уровня приложения). После чего можно привести составляющие компоненты комплексного коэффициента [3].

Исходя из вышеизложенного, компонентами данного коэффициента выступают:

- длина кадра;
- длина пакета;
- длина сегмента;
- поле пакета DSCP (Differentiated Services Code Point);
- поле пакета Flag (флаги) только для IPv4;
- поле пакета TTL для IPv4 и Hop Limit для IPv6;
- поле сегмента Urgent протокол TCP;
- поле сегмента Control bits протокол TCP;
- поле сегмента Options протокол TCP;
- поле сегмента Sequence Number протокол TCP;
- поле сегмента Acknowledgement Number;
- информация с верхнего уровня (уровень приложения).

После определения полей и величин необходимо дать буквенное обозначение данным компонентам. Обозначения полей будет такими: длина кадра – LF, длина пакета – LP, длина сегмента – LS, поле пакета DSCP – DSCP, поле пакета Flag (флаги) – F, поля пакета TTL для IPv4 и Hop Limit для IPv6 – T и H, поле сегмента Urgent протокол TCP – U, поле сегмента Control bits протокол TCP – CB, поле сегмента Options протокол TCP – O, поле сегмента Sequence Number протокол TCP – SN, поле сегмента Acknowledgement Number – AN, информация с верхнего уровня (уровень приложения) – Data.

Таким образом, комплексный коэффициент достоверности (ККД) для протокола IPv4 состоит из:

$$LF \& LP \& LS \& DSCP \& F \& T \& U \& CB \& O \& SN \& AN \& Data = \text{ККД} \quad (1)$$

А коэффициент достоверности для протокола IPv6 из:

$$LF \& LP \& LS \& DSCP \& H \& U \& CB \& O \& SN \& AN \& Data = \text{ККД} \quad (2)$$

Знаки & в данной формуле не предполагают логическое умножение, а указывают на объединение данных в одно целое. Какой математической операцией: сложения или умножения, будут объединяться компоненты, предстоит определить по результатам будущих исследований.

Далее, стоит определиться, какие показатели будут количественными, какие качественными. Например, длина кадра, длина пакета, длина сегмента – это количественные показатели, остальные – качественные показатели. При отправке определенного сообщения оно дополняется заголовками разных уровней, в которых помечаются определенные поля и задаются длина кадра и пакета.

Результаты. В результате исследования предлагается использовать коэффициент достоверности для повышения достоверности передачи данных в сети предприятия за счет использования проверочных пакетов. Данный коэффициент является составным и включает в себя различные флаги и поля из сетевых протоколов стека TCP/IP. Предлагаемый метод основан на свойстве стека TCP/IP инкапсуляции и декапсуляции данных, передаваемых по сети, что дает возможность последовательно добавлять критерии и потом их извлекать из нужного места. Например, отправленные данные по сети содержат проверочные пакеты, в которые добавлены «маячки», которые проверяются на месте получения, если пакеты дошли; и «маячки» не изменились, и можно сказать с определенной вероятностью, что информация достоверна, в неё не были внесены изменения или трафик не прослушивается. На данный момент сформирован общий подход. Метод отличается от других своим комплексным и системным подходом при выборе критериев и показателей достоверности данных.

Заключение. В результате проделанной работы предложен новый метод для повышения достоверности данных передаваемых по сети, который основан на комплексном коэффициенте достоверности, состоящем из различных критериев на различных уровнях стека протокола TCP/IP. Данный подход находится в стадии апробации, готовится стенд для проведения эксперимента и подбирается инструментального программного обеспечения для его реализации. Предложенный подход дополняет и расширяет метод поиска пассивного перехвата трафика.

В дальнейшем планируется провести исследования содержимого полей и флагов, выявить качественные и количественные критерии, а также определить их влияние на коэффициент достоверности. После чего будет сформирован комплексный коэффициент с определённой шкалой, например, от нуля до единицы. И данная шкала будет откалибрована с заданными значениями и вероятностями. Тогда, при отметке ниже 0.6 наши данные считаются недостоверными, а при отметке выше 0.9 – достоверными.

Литература:

1. Бухарин В.В. Метод обнаружения сетевого перехвата информационного трафика информационно-телекоммуникационной сети / В.В. Бухарин, А.В. Кирьянов, Ю.И. Стародубцев, С.С. Трусков // Электронный ж-л «Труды МАИ». – 2012. – Вып. № 57. С.1–9.
2. Неижмак А.В. Модель функционирования системы повышения достоверности с использованием контрольных пакетов / А.В. Неижмак // Автоматизация процессов управления. – 2018. – № 2(52). – С. 41–49.
3. О технологии распределенной передачи данных и проблемах проверки достоверности информации по каналу связи / Р.Х. Багдасарян, В.О. Осипян, К.И. Литвинов [и др.] // Прикаспийский ж-л: Управление и высокие технологии. – 2021. – № 4(56). – С. 48–57.

УДК 004.622

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ ДАННЫХ ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ГЛУБОКОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ НА ПРИМЕРЕ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ УРАВНЕНИЙ ПО ИХ ГРАФИЧЕСКИМ ОБРАЗАМ

Рассадин А.А.,

*инженер, Сургутский филиал ФГУ «ФНЦ НИИСИ РАН»;
студент бакалавриата Сургутского государственного университета,
rassadin_aa@edu.surgu.ru*

Смородинов А.Д.,

*инженер, Сургутский филиал ФГУ «ФНЦ НИИСИ РАН»,
аспирант кафедры прикладной математики,*

Сургутский государственный университет, Sachenka_1998@mail.ru

*Научный руководитель: Галкин В.А., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры ПМ,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

Аннотация. В последнее время нейронные сети стремительно развиваются. Их всё чаще применяют для самых разных задач. Любую нейронную сеть нужно обучить. Процесс обучения напрямую влияет на качество её работы. В настоящий момент есть много проблем в сфере машинного обучения. В частности, одной из них является подготовка данных для обучения. В этой работе, на примере задачи идентификации математических функций по их графикам, рассмотрена проблема подготовки обучающих данных. Для её решения была разработана программа, которая автоматически создаёт обучающую выборку по заданным параметрам. В основной части статьи рассказано о технологиях и методах, использованных при создании программы, а также описаны детали её разработки. В конце представлены примеры генерируемых данных, обсуждаются результаты их использования для обучения нейронной сети.

Ключевые слова: Машинное обучение, обучающие данные, распознавание образов, нейронные сети

AUTOMATION OF DATA PREPARATION FOR DEEP NEURAL NETWORK TRAINING ON THE EXAMPLE OF THE PROBLEM OF IDENTIFYING EQUATIONS BY THEIR GRAPHICAL IMAGES

Rassadin A.A.,

*engineer, Surgut branch of SRISA; undergraduate,
Surgut State University, rassadin_aa@edu.surgu.ru;*

Smorodinov A.D.,

*engineer, Surgut branch of SRISA;
graduate, Department of Applied Mathematics,
Surgut State University; Sachenka_1998@mail.ru,*

*Scientific supervisor: Galkin V.A.,
Ph.D., Professor of Department Applied Mathematics,
Surgut State University, Surgut, Russia*

Abstract. Last time neural networks develop rapidly. They are used increasingly for a variety of different tasks. Each neural network must be taught. A process of teaching a neural network directly influences on the quality of its work. However, there are many problems with machine learning

nowadays. Particularly, one of those problems is preparing training data. This paper regards the problem of preparing training data on the example the task of recognition mathematical functions by their graphical images. For solving this problem was designed a new program, that generates training data automatically according with all requirements. In main body of this paper is written about technologies and methods, which were used for developing the program. In that part also mentioned some details of designing the training data generator. In the last part some examples of created training data are showed and discussed the result of applying the data for training the neural network.

Keywords: Machine learning, training data, pattern recognition, neural networks

Введение. На сегодняшний день наблюдается стремительное развитие технологии искусственных нейронных сетей (ИНС, НС). Основная причина столь быстрого прогресса НС обусловлена развитием вычислительной аппаратуры. Одним из видов задач, где часто применяются НС являются задачи распознавания образов. В таких задачах нужно, чтобы программа идентифицировала объект по его образу — набору данных об этом объекте. Часто обработка данных происходит с помощью нейронной сети. Но, для качественной работы НС ей требуется обучение. Обучение НС это настройка параметров — формирование правил классификации объектов. Для этого используются заранее размеченные данные. В настоящее время, в отрасли машинного обучения, есть общая проблема, возникающая на этапе формирования обучающих выборок. Одна из причин — это механизм функционирования НС — они неустойчивы, то есть малые изменения входных данных могут сильно изменить результат. Поэтому к обучающим данным предъявляются высокие требования. Научные работы [1, 2] посвящены теме обучения нейронных сетей, в них большое внимание уделяется обучающим данным. В статье [1] обсуждаются различные подходы к обучению НС, а также влияние подготовленных данных на конечный результат. В работе [2] перечислены основные проблемы, возникающие при составлении обучающих выборок, а также проведён анализ этих проблем. Эта статья посвящена проблеме подготовки обучающих данных, которая возникла во время работы над проектом, в котором требовалось обучить нейронную сеть распознавать математические функции по их графическим образам. Здесь приведён один из вариантов решения этой проблемы.

Задача идентификации функций. Было решено исследовать вопрос о том, как НС будет справляться с классификацией элементарных функций и их суперпозиций. Образы функций представляют собой изображения графиков этих функций. Для начала было выделено 30 классов функций. Каждый класс (тип) определяется соответствующим аналитическим выражением, задающим функцию. Типы функций сформированы по внешнему виду графиков. Эта задача интересна не только как теоретическое исследование. В случае успеха её результаты можно будет использовать на практике. Например, это может быть применено для упрощения аппроксимации функций или интерпретации экспериментальных данных. Предполагается, что нейронная сеть будет способна подсказывать характер зависимости в наблюдаемых показаниях.

Для обучения НС на каждый из 30 классов требовалось по 1000 уникальных изображений. Ясно, что нигде нет набора изображений, удовлетворяющего данным требованиям. И, очевидно, что создавать эти изображения вручную в какой-то из программ для построения графиков не рационально. Для преодоления этой проблемы было решено создать генератор графиков функций из заданных классов. В этой работе описана программа, с помощью которой создавались изображения для обучения нейронной сети. Также представлены примеры получающихся изображений, которые взяты из обучающей выборки.

Требования к обучающим данным. Перед тем как перейти к описанию программы нужно сказать о том какими должны быть обучающие данные. Изображения графиков обязаны удовлетворять следующим условиям:

- график строится по точкам с равномерным шагом;
- ничего кроме точек графика на изображении нет. Никаких осей координат, подписей и прочего;

- каждое изображение должно быть уникальным (обучающая выборка должна быть разнообразной, в ней не должно быть копий изображений);
- формат изображений растровый.

Технологии и методы. При разработке программы учитывались как требования к обучающим данным, так и удобство использования такого генератора. При обучении нейронных сетей часто приходится экспериментировать с обучающей выборкой, следовательно, при разработке программы—генератора нужно помнить об этом. Возможно, потребуется изменить объём выборки, или шаг построения графиков, может появиться новый класс функций и так далее.

Поэтому взаимодействие с генератором графиков организовано следующим образом. Сначала пользователь готовит текстовый файл, где записывает свои требования к обучающей выборке. Затем он при запуске программы передаёт ей два аргумента: свой файл с запросом и имя директории, куда нужно сохранить данные. В указанной директории для каждого класса создаётся собственная поддиректория, где располагаются графики.

Для создания программы — генератора нельзя было использовать только какое-то из средств для построения графиков. Поскольку нужные графики задаются разными формулами, при этом нужно добиться уникальности экземпляров графиков. С другой стороны, в большинстве языков программирования нет средств создания изображений. Поэтому был найден следующий выход: нужно создать программу, которая будет обрабатывать запрос пользователя (файл) и готовить данные для построения графиков, а вспомогательная утилита сформирует соответствующие изображения. Так как для подготовки данных нужно будет проводить много вычислений (значения координат каждой точки из $\approx 30\,000$ графиков), то был выбран язык программирования Си. Формирование изображений выполнялось свободно распространяемой утилитой `gnuplot`. Исходный код программы разделён на два модуля, чтобы иметь возможность быстрого изменения классов генерируемых функций. В итоговой программе используются системные вызовы и стандартные утилиты ОС Linux. При создании программы на многие вопросы были найдены ответы в официальной документации утилиты `gnuplot` [3].

Описание программы. Как было сказано выше, одним только средством визуализации не обойтись, но при этом нужно как—то готовить данные для построения. Поэтому была разработана программа, которая в процессе своей работы взаимодействует со сторонней утилитой `gnuplot`. Ниже на рисунке 1 показана общая схема разработанной программы - генератора.

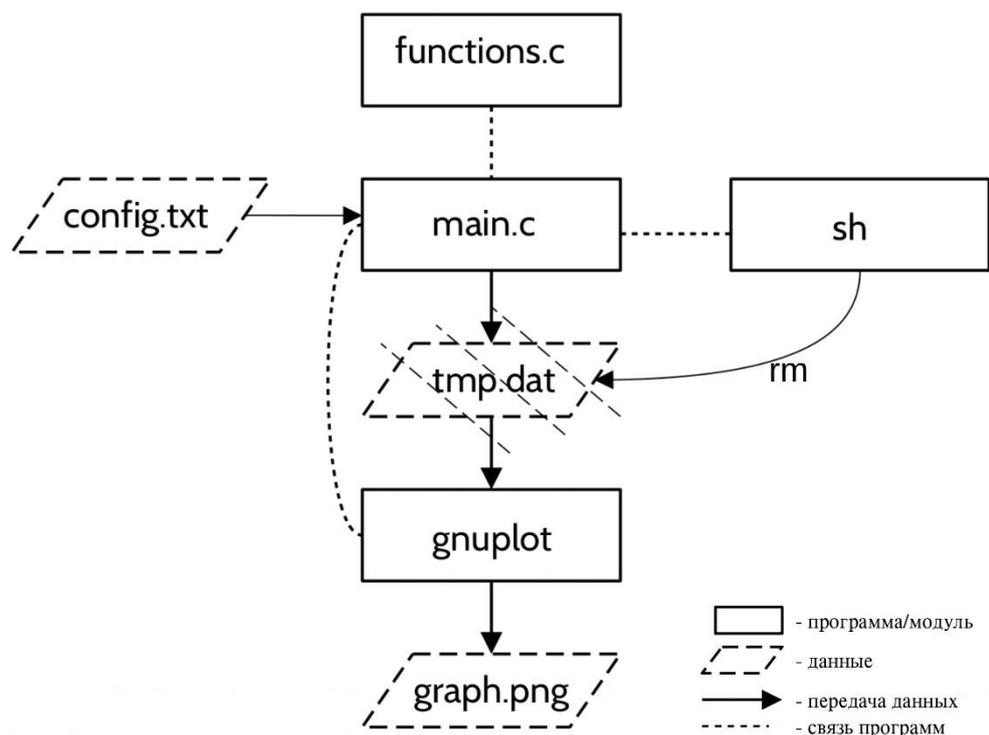


Рис.1. Общая схема работы разработанной программы

Программа – генератор состоит из двух модулей: основного (`main.c`) и вспомогательного (`functions.c`). Первый берёт на себя функции управления, а во втором содержатся только процедуры построения графиков. Всего их 30, то есть для каждого типа функции своя процедура. В этом же модуле введён массив этих функций — процедур построения. Каждая такая процедура в результате своей работы создаёт ровно одно изображение графика своего класса. Работу программы можно разделить на два этапа.

С начала основной модуль создаёт директорию (или переходит в неё) для сохранения результатов. Затем, с помощью функции `fork` (стандартная функция языка Си), параллельно запускаются два процесса `gnuplot` и ещё один экземпляр командной оболочки `sh`. Наконец, начинается чтение файла, переданного пользователем. Из первой строки определяется “стиль” графика (вид точек, их размер, цвет) и шаг построения, в остальных строках записи вида: `k|m`, где `k`—номер класса для построения, `m`—число экземпляров этого класса, символ вертикальной черты `|` используется как разделитель. После прочтения очередной строки становится известен номер нужного типа функции для построения. Фактически, этот номер совпадает с индексом в массиве процедур, которые строят графики. Поэтому просто запускается цикл, в котором вызывается процедура построения с нужным индексом. По завершении этого цикла считывается ещё одна строка из файла и всё повторяется. Но процедуры построения графиков реализованы так, что после их работы остаются временные текстовые файлы, куда записывались значения координат точек графиков. Удаление этих файлов, которые после построения уже больше не нужны, делается с помощью системной утилиты `rm`, вызываемой через запущенный параллельно экземпляр командной оболочки `sh`.

Основной интерес представляет устройство процедуры формирования графика функции нужного класса. Стоит отметить, что все эти процедуры однотипные, поэтому достаточно подробно описать одну. Последовательность действий, выполняемых при вызове процедуры построения графика, следующая:

1. Определение коэффициентов функции (случайным образом из заданного диапазона).
2. Определение границ значений по осям X и Y .
3. Вычисление числа точек графика (через заданный шаг построения и границ по оси X).

4. Выделение памяти (динамически функцией malloc) под массивы координат точек графика. (Два массива координат одинаковых размеров, массивы координат: X[i], и Y[i]).
5. Заполнение массивов X[i], Y[i] по соответствующей данному классу формуле.
6. Вывод данных во временный текстовый файл.
7. Настройка диапазонов и имени выходного файла в gnuplot. (Передача текстовых строк в стандартный поток ввода процесса gnuplot с помощью функции fprintf.)
8. Получение изображения с помощью gnuplot и файла с данными.
9. Освобождение памяти, выделенной под массивы X[i], Y[i].

Как уже было сказано, каждому классу соответствует одно аналитическое выражение. Для того чтобы графики были уникальными в эти выражения внесены коэффициенты. Ограничения на возможные значения коэффициентов выбраны так, чтобы графики визуально продолжали быть в одном и том же классе (далее это можно видеть на примерах получаемых изображений). Случайное значение определяется с помощью стандартной функции rand по известной формуле (она обеспечивает равномерное распределение на интервале от А до В):

Результаты и обсуждение. Представленные здесь изображения применялись при обучении нейронной сети. На рисунках 2, 3 показаны графики непрерывной функции, полученные при разных значениях шага построения. Она задаётся следующим аналитическим выражением: $y = ax^2 + bx + c$, $a > 0$.

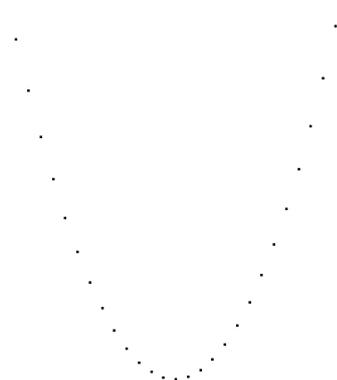


Рис. 2. Шаг построения: 0.5

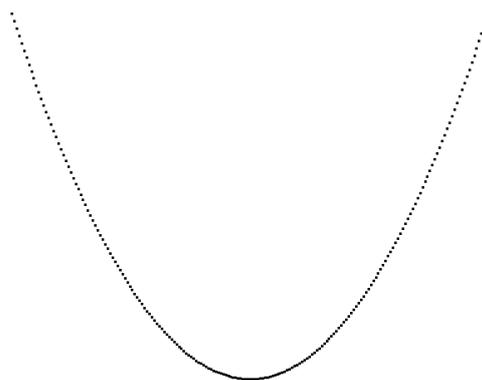


Рис. 3. Шаг построения: 0.1

В обоих случаях, показанных на рисунках 2 и 3, область определения и область значений были одинаковы. Но визуально, кроме шага расстановки точек видны также отличия графиков. Хотя конечно каждый человек скажет, что на обоих изображениях представлены графики полинома второй степени. В этом и был смысл введения случайных коэффициентов. На возможные значения накладывались такие ограничения, чтобы графики продолжали оставаться в одном классе. Например, если в формуле, задающей параболу допустить отрицательное значение коэффициента при квадрате переменной X, то получится график, направленный вниз. В таком случае такую формулу мы относим к другому классу. Нужно также отметить, что не только внешне меняется вид графиков, но и положение меняется в зависимости от значений параметров в формулах. Ниже приведено изображение с графиком функции, имеющей разрыв второго рода (рис. 4).

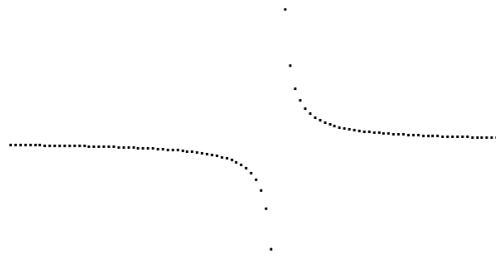


Рис.4. Разрывная функция $\frac{k}{(x-a)}$, $k > 0$, шаг построения: 0.1

При вычислении разрывных функций может возникнуть ситуация деления на ноль. В этом случае значение функции будет равно специальной константе NaN («Not a Number» — не число). При построении графика эти точки игнорируются. Правильный подбор масштаба — ещё одна проблема, которая относится и к непрерывным функциям. Вид одного и того же графика может сильно преобразовываться в зависимости от того каким выбран масштаб изменения значений по оси Y. На данном этапе масштабы выбирались так, чтобы были видны отличительные особенности графиков всех классов. Например, для полинома третьей степени выбран небольшой масштаб, поэтому видны перегибы графика и так далее.

Нужно сказать, что программа работает сравнительно быстро. Например, обучающую выборку для 30 классов функций, которая состояла из 30 000 изображений с шагом построения 0.1 (в среднем 2 000 точек на график) получилось сгенерировать за 1 минуту.

Заключение. Основным результатом проделанной работы можно считать создание программы генератора обучающих данных. За время работы над проектом по созданию нейронной сети, которая будет идентифицировать математические функции по их графикам, разработанная утилита несколько раз применялась для создания обучающих выборок. Нужно отметить удобство использования и скорость работы этой программы. Результаты тестирования работы нейронной сети показывают большую точность, что свидетельствует о хорошем качестве её обучения, которое было бы невозможным без созданного генератора данных. Таким образом, созданное программное обеспечение решает проблему подготовки данных для данной задачи. В дальнейшем планируется практическое применение нейронной сети для распознавания графиков функций, для этого нейронную сеть нужно будет обучать дополнительно. Созданная программа — генератор данных станет основой для модернизированных версий, которые будут применяться при обучении нейронной сети в будущем.

Литература:

1. Проблемы формирования обучающей выборки в задачах машинного обучения / Кафтаников И.Л., Парасич А.В. — Текст: электронный // Вестник ЮУрГУ. — 2016. — Т. 16. № 3. С. 15–23. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-formirovaniya-obuchayuschey-vyborki-v-zadachah-mashinnogo-obucheniya/viewer> (дата обращения 03.03.2023).
2. Формирование обучающей выборки в задачах машинного обучения. Обзор / Парасич А.В., Парасич В.А., Парасич И.В. — Текст: электронный // Программные и аппаратные средства. — 2021. №4. — С. 61–68 — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/formirovanie-obuchayuschey-vyborki-v-zadachah-mashinnogo-obucheniya-obzor/viewer> (дата обращения 03.03.2023).
3. Документация к программе gnuplot на английском языке. Официальный сайт. URL: <https://gnuplot.sourceforge.net/docs/gnuplot.pdf>. — Текст: электронный (дата обращения 03.03.2023).

УДК 004.273

МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ 2D и 3D ОБЪЕКТОВ С ЗАДАННЫМ ИТоговым НАБОРОМ СВОЙСТВ

Филиппов И.М., студент бакалавриата, partyneverkilled@mail.ru
Научный руководитель: Гавриленко Т.В., канд. техн. наук, доцент кафедры АСОИУ,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

Аннотация. В статье рассматривается методика моделирования деления клеток по ДНК. Проведены испытания с использованием пикселей в качестве клеток и текстового файла в качестве генетического кода. Результатом данных испытаний является процесс создания изображения, аналогичный росту организма.

Ключевые слова. Деление клеток, генетический код, формирование изображения

A MULTI-AGENT SYSTEM FOR MODELING THE PROCESS OF FORMATION OF 2D AND 3D OBJECTS WITH A GIVEN FINAL SET OF PROPERTIES

Philippov I.M., undergraduate, partyneverkilled@mail.ru
Scientific supervisor: Gavrilenko T.V., Ph.D. Computer Science,
Professor of Department ADPSC, Surgut State University, Surgut, Russia

Annotation. The article discusses a technique for modeling cell division by DNA. Tests were carried out using pixels as cells and a text file as a genetic code. The result of these tests is an imaging process similar to the growth of an organism.

Keywords. Cell division, genetic code, image formation

Введение. Биологические объекты можно рассматривать не только с биологической и биофизической точек зрения, но и с информационной. В работе рассматриваются потенциальные механизмы хранения информации с её последующим воспроизведением в виде алгоритма. Одной из ключевых загадок в биосистеме является алгоритм воспроизведения с некоторой точностью топологии сложных биологических систем [1].

В результате была поставлена цель создания алгоритма восстановления исходного изображения (как некоего аналога топологии организма) путём использования элементарных операций, являющихся аналогом деления клеток.

Процесс восстановления изображения. Был разработан алгоритм, который из входного набора правил, выступающего в роли ДНК, создает изображение путем «деления» пикселей, выступающих в роли клеток. Блок-схема алгоритма изображена на рис. 1.

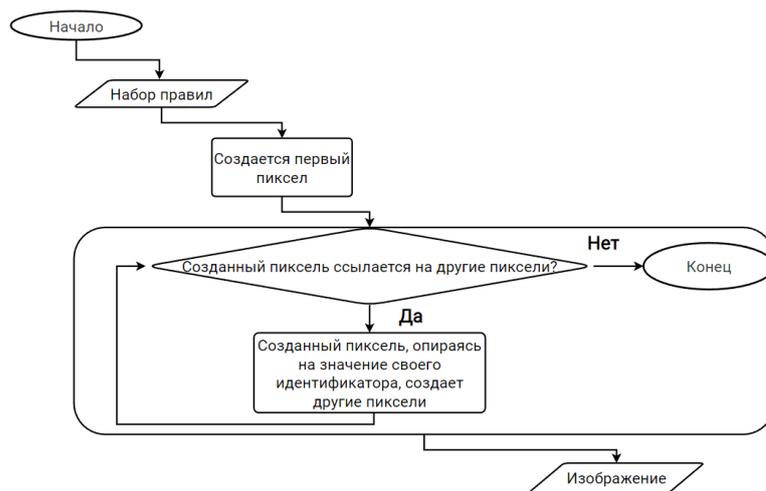


Рис. 1. Блок схема свертки изображения

Каждый пиксель отвечает сам за себя, словно клетка. В начале своей «жизни» каждый пиксель не имеет цвета и его механизмы идентичны любому другому. Каждому пикселю известен лишь свой идентификатор и ДНК. ДНК в данном случае — это текстовый файл с набором инструкций, или же правил. Читая эти правила, пиксель по своему идентификатору определяет, какого он цвета должен быть и какие следующие пиксели он должен создать.

Пример работы. Для тестирования был взят набор правил из текстового файла. Содержание данного файла представлено на рис. 2.

@ 1 Black	14 2 0 0 15 0
@ 2 Yellow	15 2 0 4 2 16
@ 3 Orange	16 2 0 0 11 17
@ 4 Red	17 2 0 0 11 18
@ 5 Gray	18 2 19 0 21 28
1 1 3 3 6 0	19 2 20 0 0 0
2 2 0 0 0 0	20 5 0 0 0 0
3 2 2 0 0 0	21 2 0 0 22 0
4 2 3 0 0 0	22 2 0 0 23 0
5 2 4 0 0 0	23 4 0 0 24 0
6 2 0 7 9 5	24 4 0 25 0 8
7 3 0 8 0 0	25 3 0 26 0 0
8 4 0 0 0 0	26 4 8 27 0 0
9 2 0 0 13 10	27 3 0 0 0 0
10 2 5 0 11 12	28 2 29 0 11 30
11 2 0 0 2 0	29 5 3 0 0 0
12 2 5 0 11 5	30 2 29 0 11 31
13 2 0 0 14 0	31 2 19 0 2 5

Рис. 2. Входной набор правил

На основе этого набора правил реализованный алгоритм сформировал изображение, представленное на рис. 3.

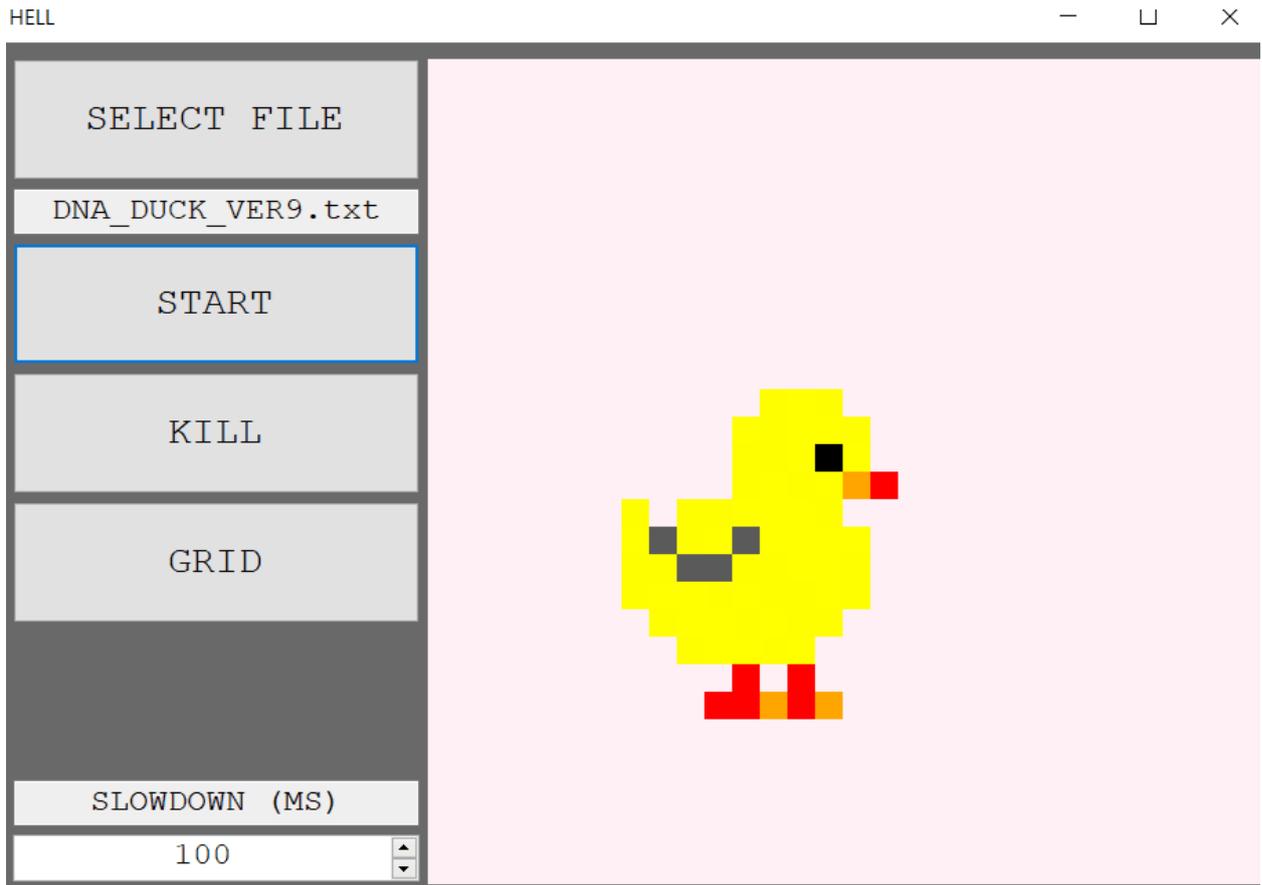


Рис. 3. Сформированное изображение

Выводы. На данный момент реализован базовый алгоритм. В дальнейшем будет наращиваться адекватность алгоритма с целью приближения к реальному развитию топологии и внедрения «вероятностного» кода для проявления «мутаций».

Литература:

1. Моделирования живой клетки [Электронный ресурс] // Официальный сайт АНО «Центр Междисциплинарных Исследований им. С.П. Курдюмова «Сретенский Клуб». – Режим доступа: https://spkurdyumov.ru/uploads//2014/09/modelirovanie_zhivoi_kletki.pdf.

УДК 004.273

**МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ СВЕРТКИ
ИСХОДНЫХ 2D и 3D ОБЪЕКТОВ
В ИНВАРИАНТНЫЙ И ВЕРОЯТНОСТНЫЙ «ГЕНЕТИЧЕСКИЙ КОД»**

*Хаматнуров Р.Ф., студент бакалавриата, khamatnurov@edu.surgu.ru
Научный руководитель: Гавриленко Т.В., канд. техн. наук, доцент кафедры АСОИУ,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

Аннотация. Создание системы, которая превращает исходный объект в набор правил, применяя вероятностный генетический код для проявления «мутаций» в исходном объекте. Воспроизведя данные правила получим имитацию построение клетки ДНК с незначительными отклонениями от оригинала.

Ключевые слова. Мультиагентная система, генетический код, вероятностный код, свертка объекта, набор правил, моделирование

**MULTI-AGENT SYSTEM FOR MODELING CONVOLUTION
OF INITIAL 2D AND 3D OBJECTS
INTO INVARIANT AND PROBABILISTIC "GENETIC CODE"**

*Khamatnurov R.F., undergraduate, khamatnurov@edu.surgu.ru
Scientific supervisor: Gavrilenko T.V., Ph.D. Computer Science,
Professor of Department ADPSC, Surgut State University, Surgut, Russia*

Annotation. Creation of a system that turns the original object into a set of rules, using a probabilistic genetic code to manifest "mutations" in the original object. Having reproduced these rules, we obtain an imitation of the construction of a DNA cell with minor deviations from the original.

Keywords. Multi-agent system, genetic code, probabilistic code, object convolution, set of rules, simulation

Введение. Биологические объекты можно рассматривать не только с биологической и биофизической точек зрения, но и с информационной. В работе рассматриваются потенциальные механизмы хранения информации с её последующим воспроизведением в виде алгоритма. Одной из ключевых загадок в биосистеме является алгоритм воспроизведения с некоторой точностью топологии сложных биологических систем [1]. В результате была поставлена цель создания алгоритма построения правил путем использования различных алгоритмов на примере свертки изображения.

Процесс свертки изображения. Для начала следует определить, как именно сворачивать изображения в набор правил. Был разработан алгоритм, который делил изображения на 4 сектора и обрабатывал каждый из них по отдельности. После обхода каждого сектора формировались наборы правил, относящихся именно к этому сектору. Сам процесс обхода представлен на рис.1, а блок-схема алгоритма изображена на рис. 2.

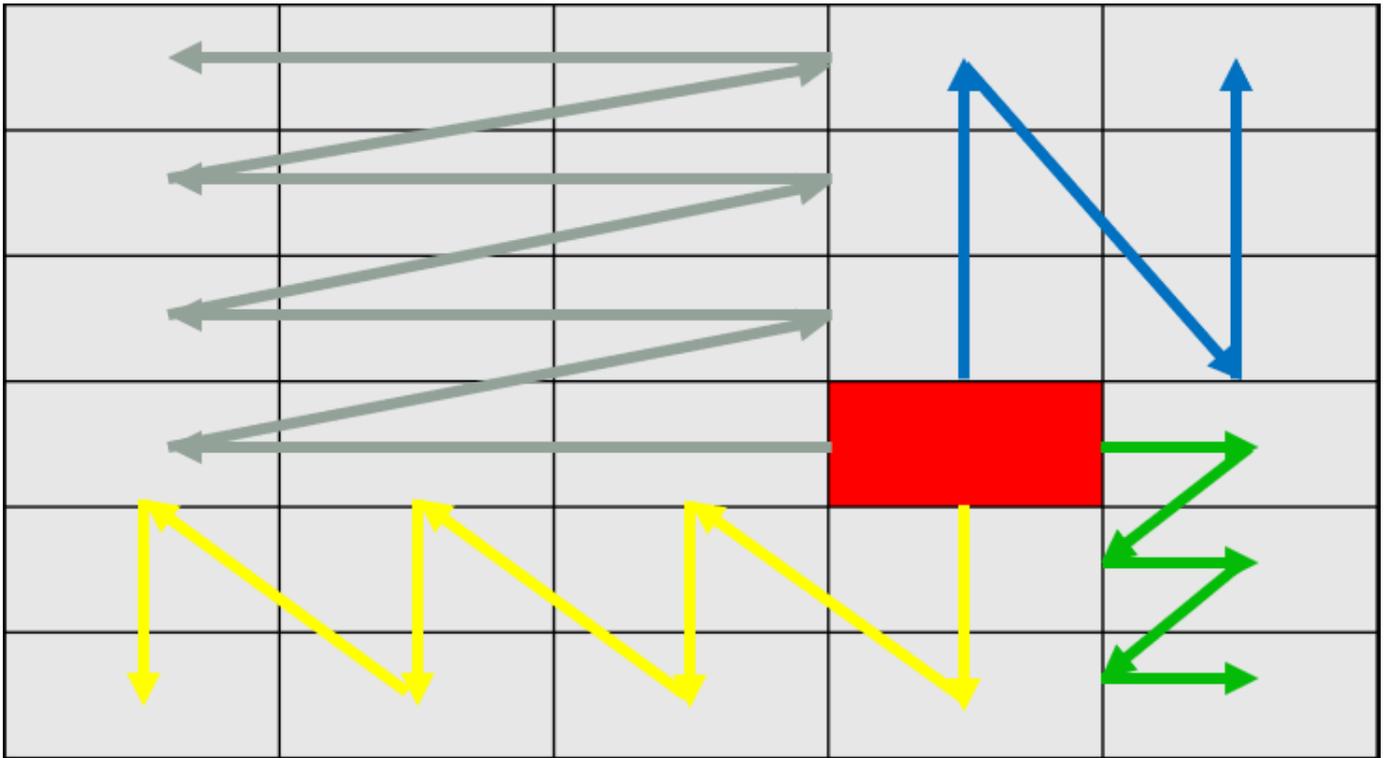


Рис. 1. Процесс обхода изображения

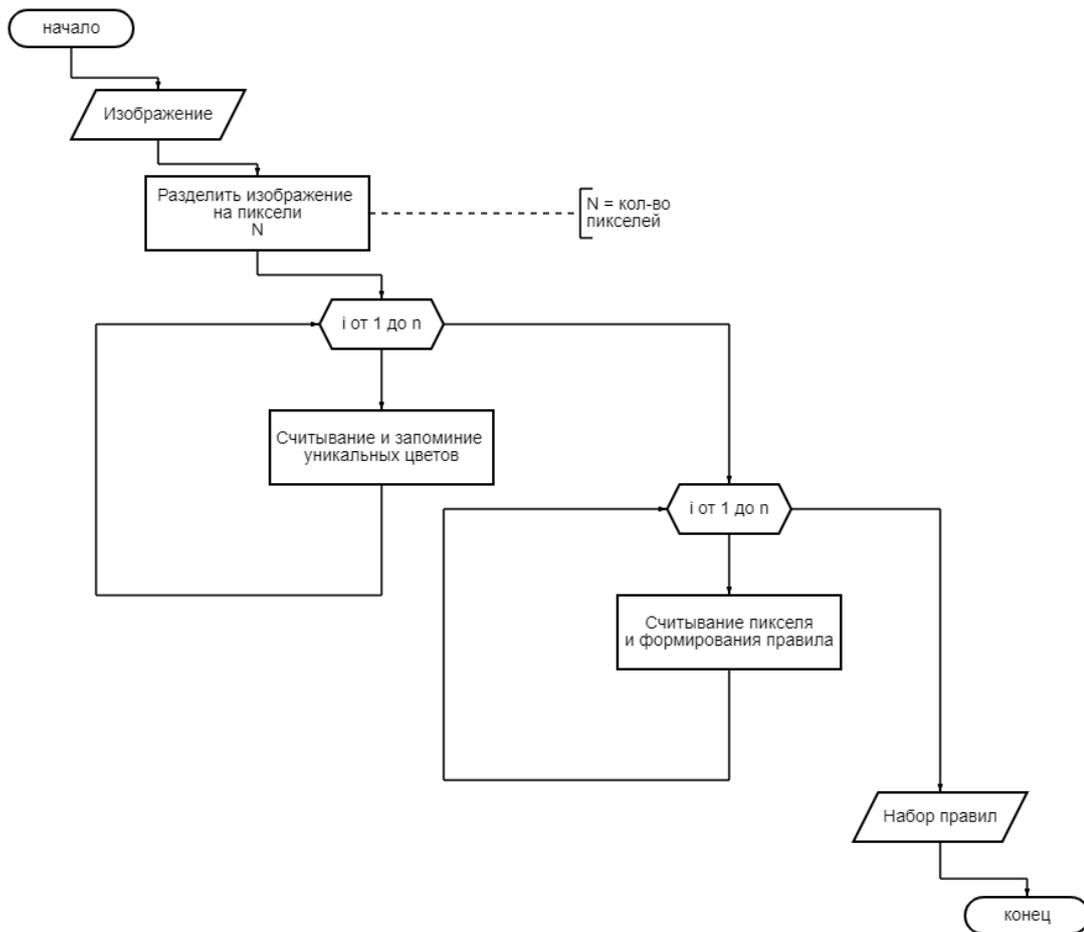


Рис. 2. Блок схема свертки изображения

Правила. Был разработан формат правил следующего вида: color_id up_id right_id down_id left_id. То есть, каждое правило хранит в себе цвет пикселя, и ссылки на правила для соседних пикселей. (рис. 3).

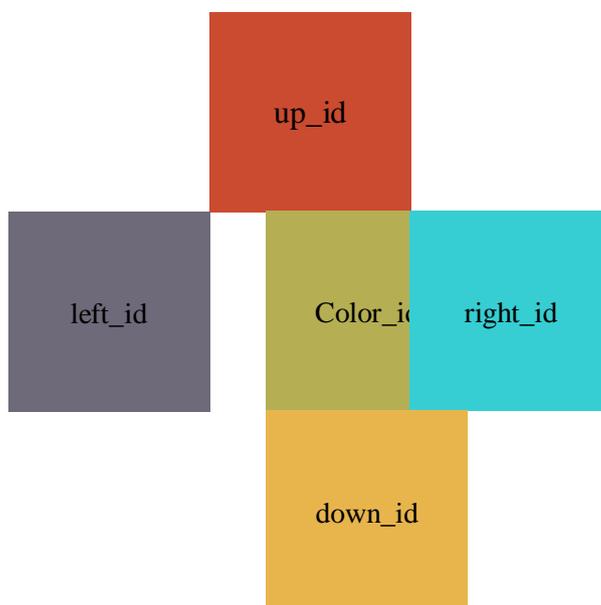


Рис. 3. Формат правил

В ходе тестирования данные правила были оптимизированы по следующим пунктам:

1. Отсекания не значимых нулей:

1 0 0 0 0	→	1
1 0 2 0 3	→	1 0 2 0 3
1 0 10 0 0	→	1 0 10
2. Замена абсолютных ссылок на относительные:

1 0 0 0 2	→	1 0 0 0 1
1 0 0 0 3	→	1 0 0 0 1
1 0 0 0 4	→	1 0 0 0 1

Эти изменения привели к уменьшению размера выходного файла.

Выходной файл. На выходе алгоритма получается текстовый файл с расширением .txt.

Структура выходного файла выглядит следующим образом (рис. 4):

- 169#96#84#48 – строка которая содержит размеры файла и стартовую позицию первого правила
- 255 0 0 0
- 255 32 49 201
- 255 255 255 255 – цвета в формате ARGB, который встречаются в изображении

```
169#96#84#48
255 0 0 0
255 32 49 201
255 255 255 255
@
3 8028 3996 1 12108
3 0 0 1 47
3 0 0 1
3 0 0 1
3 0 0 1
3 0 0 1
3 0 0 1
3 0 0 1
3 0 0 1
3 0 0 1
```

Рис. 4. Начало выходного файла

– @ – знак обозначающий начало правил

– 3 8028 3996 1 12108

3 0 0 1 47

3 0 0 1

3 0 0 1

– 3 0 0 1 – правила. Первое из них всегда содержит ссылки на все соседние клетки, так как оно является главным.

Пример работы. Для тестирования было взято изображения человеческого мозга (рис. 5) и преобразовано в набор правил.



Рис. 5. Тестовое изображение

В итоге был получен файл размером 336 Кб. В нем содержалось: 41929 строк. Из них 348 цветов и 41579 правил. Первое правило содержало следующие числа:

47 20696 10356 1 31146.

Выводы. На данный момент реализован базовый алгоритм. В дальнейшем будет увеличиваться уровень адекватности алгоритма с целью приближения к реальному развитию топологии и внедрения «вероятностного» кода для проявления «мутаций».

Литература:

1. Моделирования живой клетки [Электронный ресурс] // Официальный сайт АНО «Центр Междисциплинарных Исследований им. С.П. Курдюмова «Сретенский Клуб». – Режим доступа: https://spkurdyumov.ru/uploads//2014/09/modelirovanie_zhivoi_kletki.pdf.

УДК 004.273

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «ТАНЦЕВАЛЬНАЯ СТУДИЯ» ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ ПЛАТФОРМ

Шадрина В.М., студент бакалавриата, viktorija_vikyla@mail.ru
Научный руководитель: Гавриленко А.В., ст. преподаватель кафедры АСОИУ,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

Аннотация. В докладе рассматривается задача проектирования автоматизированной информационной системы для работы малых танцевальных студий и школ для мобильных платформ. Ключевой особенностью является ориентирование на педагога и его связь с учеником.

Ключевые слова: автоматизированная информационная система, танцевальная студия, мобильная платформа, функциональная модель, инфологическая модель, пользовательский интерфейс, база данных

AUTOMATED INFORMATION SYSTEM "DANCE STUDIO" FOR MOBILE PLATFORMS

Shadrina V.M., undergraduate, viktorija_vikyla@mail.ru
Scientific adviser: Gavrilenko A.V., senior lector of Department ASOIU,
Surgut State University, Surgut, Russia

Annotation. The report considers the task of designing an automated information system for the operation of small dance studios and schools for mobile platforms. A key feature is the focus on the teacher and his connection with the student.

Keywords: automated information system, dance studio, mobile platform, functional model, infological model, user interface, database

Введение. Современные информационные технологии позволяют переходить от сложных комплексных решений к более простым клиентоориентированным с высокой скоростью работы, адаптации под запросы пользователя. Это касается и сферы услуг. Актуальность темы обусловлена спросом руководителей студий на системы для работы танцевальных школ с удобным, минимально необходимым функционалом. Целью работы является создание автоматизированной информационной системы для мобильных платформ, направленной на работу педагогов, на аналитику для бизнеса, и оповещение клиентов о имеющейся информации.

Материалы и методы. Система проектируется с помощью следующих инструментальных средств: Draw.io, онлайн-сервис для разработки интерфейсов и прототипирования Figma, среда программирования Visual Studio 2022 (язык программирования C#), свободная объектно-реляционная система управления базами данных PostgreSQL.

Результаты. На сегодняшний день на рынке досуга существует множество танцевальных и спортивных студий, школ и центров. Большинство центров тратят множество времени и ресурсов на ведение учета и документации всего предприятия, уведомление клиентов. Для того, чтобы упростить задачу танцевальным школам, большую часть вычислительной, информирующей и учетной работы можно автоматизировать. Многие школы арендуют залы почасово, поэтому тренерам приходится выполнять часть обязанностей администратора. Для того, чтобы повысить эффективность и оперативность работы всей школы, а также вовремя доносить информацию клиентам, автоматизированная система должна быть в виде мобильного приложения.

Был проведен опрос среди 30 педагогов, разных танцевальных студий по всей России. На

вопрос «Нуждаетесь ли вы в мобильном приложении для вашей танцевальной студии» 100% опрошенных ответили «Да». Аналоги используют 5% опрошенных, остальные даже не слышали о подобных системах и сервисах (рис. 1).

Аналоги оказались дорогими и неподходящими для танцевального бизнеса.

Также педагоги отвечали на вопрос «Что вы хотите получить от мобильного приложения для вашей школы». По итогам опроса были выделены следующие потребности педагогов:

- быстрый доступ;
- удобство;
- наглядность;
- учёт посещаемости;
- учёт оплаты;
- система оповещений;
- аналитика;
- обратная связь.

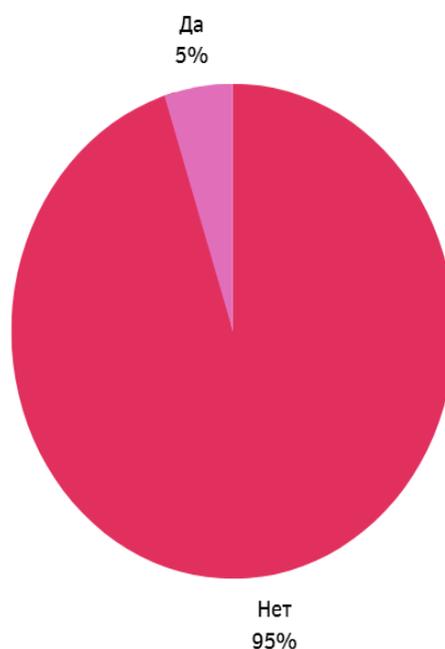


Рис. 1. Круговая диаграмма использования систем-аналогов

Обобщенное описание предметной области, выполненное с использованием языковых средств, не зависящих от используемых в дальнейшей реализации программных средств и ЭВМ представлено на рис. 2.

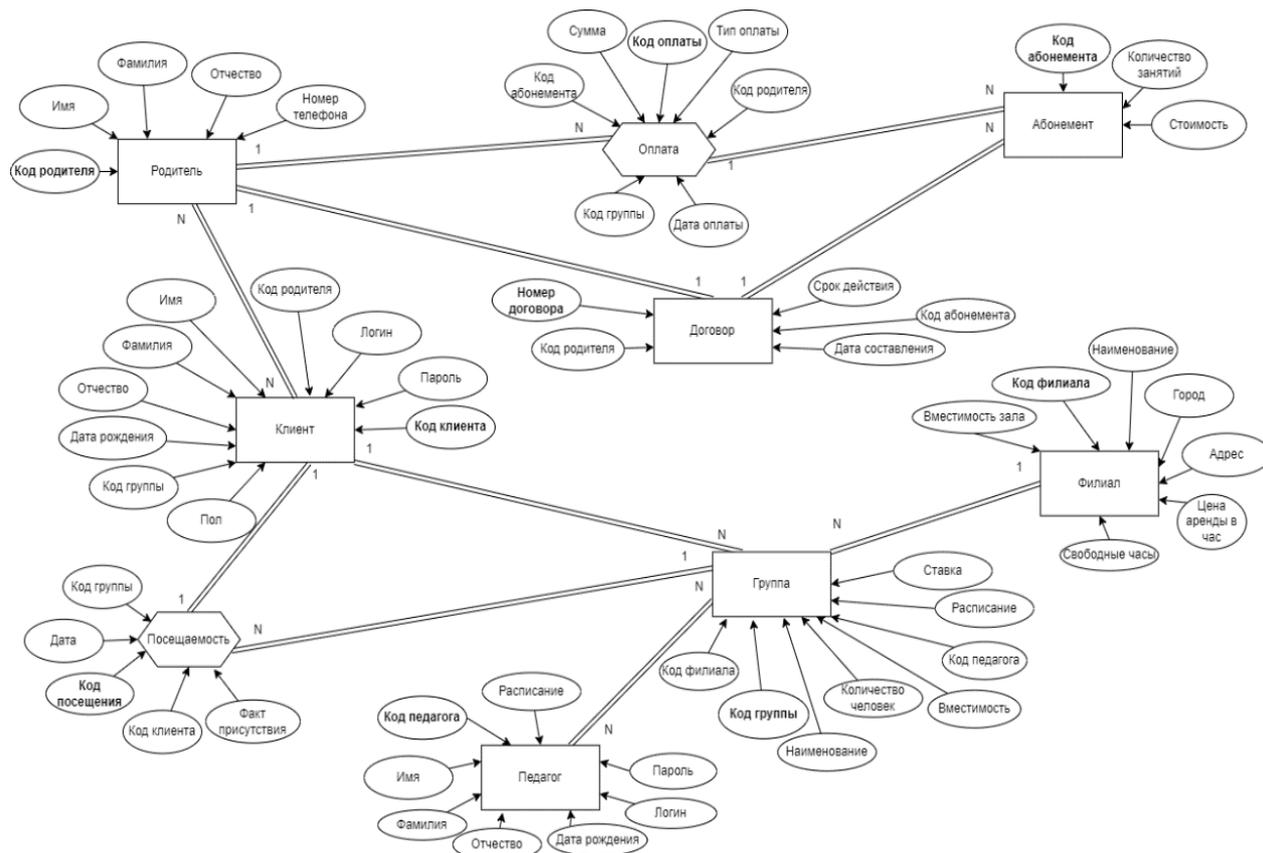


Рис. 2. Инфологическая модель АС «Танцевальная студия»

В инфологической модели отражены следующие сущности:

1) стержневые:

1.1) «Клиент», содержит информацию о ученике (ключевой атрибут – код клиента);

1.2) «Родитель», содержит информацию о родителе (ключевой атрибут – код родителя);

1.3) «Договор», содержит информацию о договоре, дату составления и срок действия (ключевой атрибут – номер);

1.4) «Абонемент», содержит информацию о количестве занятий и стоимости абонемента (ключевой атрибут – код абонемента);

1.5) «Группа», содержит информацию о группе, её расписании, ставке (ключевой атрибут – код группы);

1.6) «Филиал», содержит информацию о месте проведения занятий, адресе и вместимости (ключевой атрибут – код филиала);

1.7) «Педагог», содержит информацию о сотруднике и его расписании (ключевой атрибут – код педагога);

2) ассоциативные:

2.1) «Оплата», соединяющая родителей и абонемент, содержит информацию о оплате (ключевой атрибут – код оплаты);

2.2) «Посещаемость», соединяющая клиентов и группы, содержит информацию о посещаемости (ключевой атрибут – код посещения).

Модель базы данных, разработанная с помощью Draw.io, представлена на рис. 3. Для разработки физической модели была использована свободная, объектно-реляционная система управления базами данных PostgreSQL.

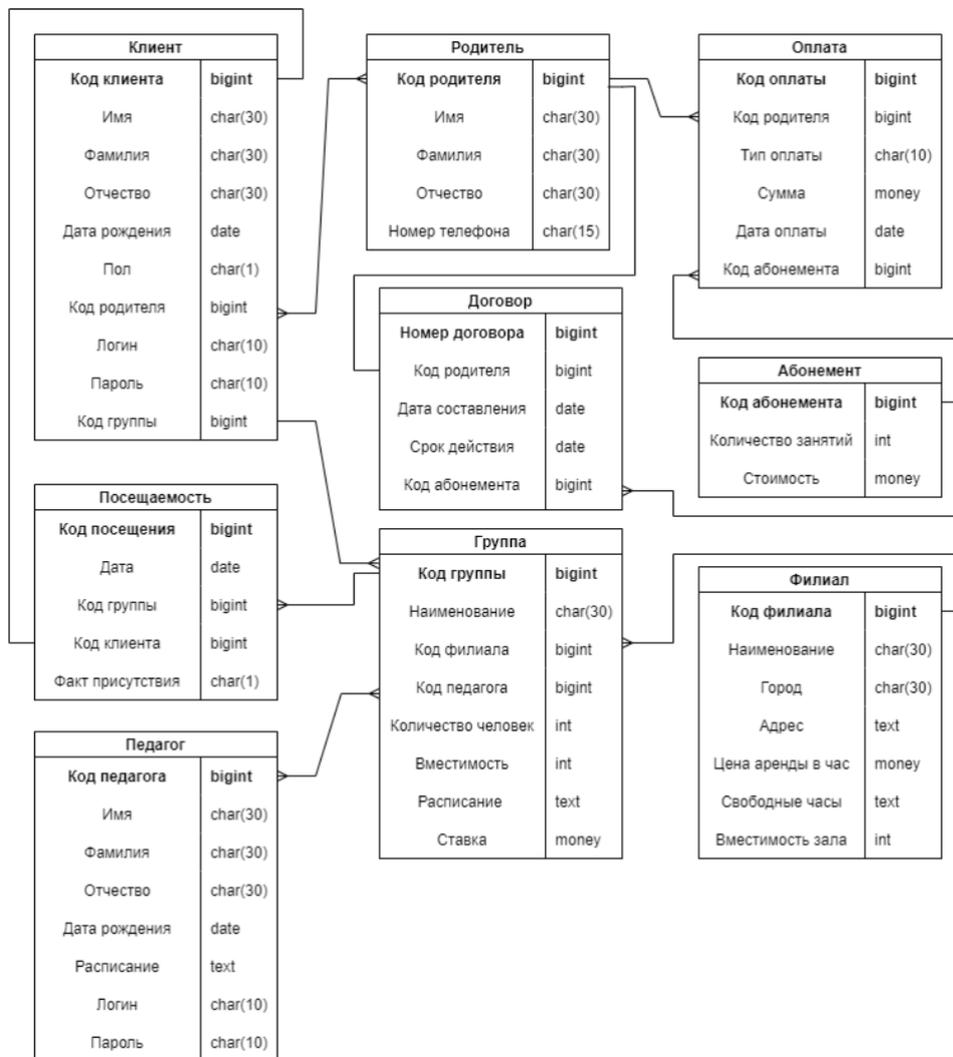


Рис. 3. Модель базы данных АС «Танцевальная студия»

В данной системе используются следующие типы данных:

- null - пустое значение в таблице базы;
- bigint - знаковое целое из 8 байт;
- integer или int - знаковое четырёхбайтное целое;
- character[(n)] или char[(n)] - символьная строка фиксированной длины;
- date - календарная дата (год, месяц, день);
- text - символьная строка переменной длины;
- money - денежная сумма.

Мобильное приложение должно работать в трех режимах. Именно поэтому составлены три функциональные модели приложения и несколько интерфейсов, которые будут работать с одной базой данных:

- контекстная (обобщенная) диаграмма для гостя представлена на рис. 4;
- контекстная (обобщенная) диаграмма для пользователя представлена на рис. 5;
- контекстная (обобщенная) диаграмма для педагога представлена на рис. 6.

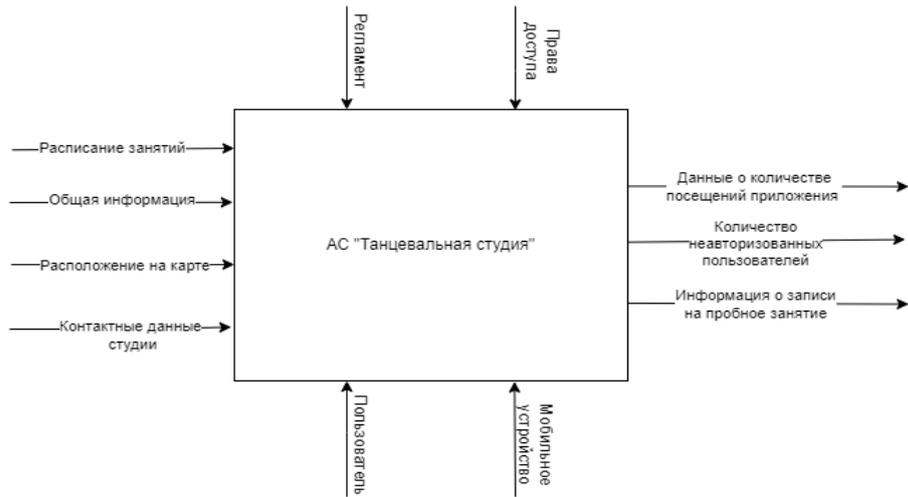


Рис. 4. Контекстная диаграмма для гостя АС «Танцевальная студия»

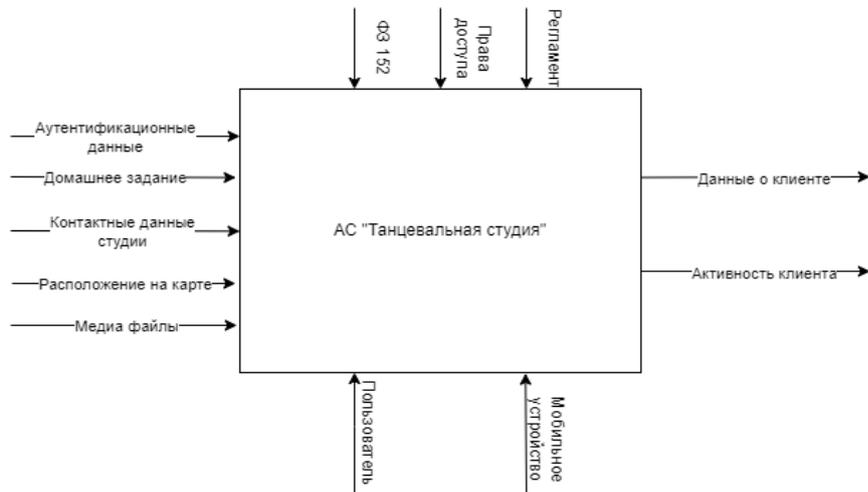


Рис. 5. Контекстная диаграмма для пользователя АС «Танцевальная студия»

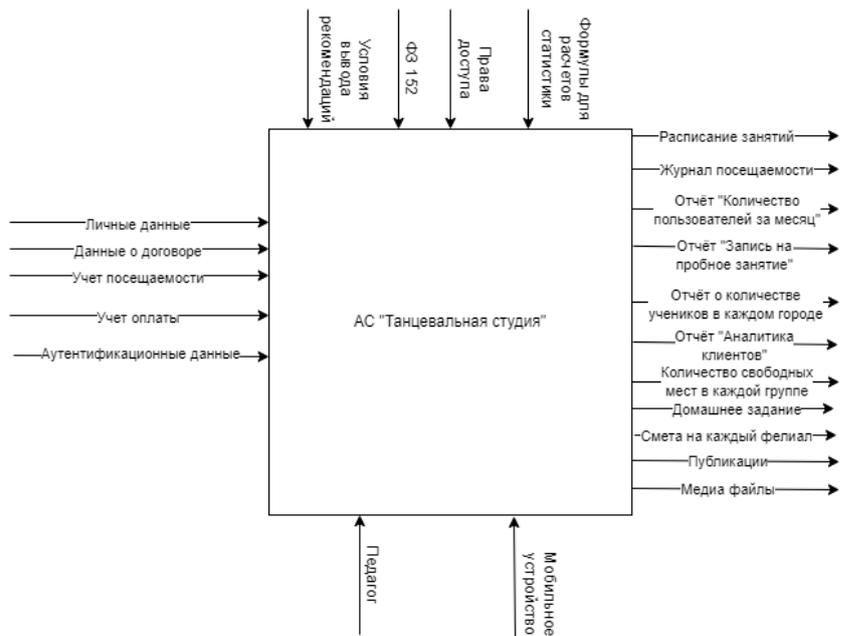


Рис. 6. Контекстная диаграмма для педагога АС «Танцевальная студия»

Разработан интерфейс приложения в фирменных цветах студии (рис.7).



Рис. 7. Интерфейс приложения АС «Танцевальная студия»

На данный момент спроектирована база данных, составлены инфологическая и функциональная модели, разработан пользовательский интерфейс приложения.

Заключение. Проект системы предусматривает создание современного приложения с минимально необходимым функционалом, направленным на обеспечение работы малых танцевальных школ. Такой подход выбран для минимизации нагрузки на администрирование и сопровождение информационных процессов.

Литература:

1. Документация PostgreSQL и Postgres Pro [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://postgrespro.ru/docs/postgresql/9.4/datatype>.
2. Компьютер пресс [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://compress.ru/article.aspx?id=11764>.
3. Yasno [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://yasno.mobi/blog/mobilnyy-interfeys-razrabotka-dizayna-prilozheniy-i-proektirovanie-maketov-na-primerakh/>.

УДК 004.273

ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОГО МЕТОДА ДЛЯ ВЫБОРА КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ

Федотов Д.В., аспирант, Fedotov_DV@edu.surgu.ru

*Научный руководитель: Гавриленко Т.В., канд. техн. наук, доцент кафедры АСОИУ,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

Аннотация. В данной статье рассматривается возможность использования риск-ориентированного метода для оценки качества технического состояния систем. В частности, речь идет о возможности использования таких методов для информационного сопровождения и контроле состояния систем. Основной целью такого контроля является предупреждение отказов и неисправностей, которые могли бы привести к выходу из строя систем, а также уменьшение времени на проверку технического состояния.

Ключевые слова: риск-ориентированный метод, автоматизированная система обработки данных, информационная система, информационное сопровождение

THE POSSIBILITY OF USING THE RISK-BASED METHOD FOR THE SELECTION OF QUALITY CONTROL CRITERIA FOR THE STATE OF SYSTEMS

Fedotov D.V., graduate, Fedotov_DV@edu.surgu.ru

*Scientific supervisor: Gavrilenko T.V., Ph.D. Computer Science,
Associate Professor of Department ADPSC, Surgut State University, Surgut, Russia*

Annotation. This article considers the possibility of using risk-oriented method to assess the quality of the technical state of systems. In particular, we are talking about the possibility of using such methods for information support and control of the state of the systems. The main purpose of such monitoring is to prevent failures and malfunctions that could lead to undesirable failure of systems, as well as to reduce the time for checking the technical condition.

Keywords: risk-oriented method, automated data processing system, information system, information support

Введение. В процессе планирования контроля состояния системы важно выбрать наиболее эффективные критерии для оптимизации и мониторинга состояния системы, которые будут учитывать риски и ожидаемые потери. Одним из подходов для выбора критериев является риск-ориентированный метод.

Использование риск-ориентированного метода позволяет определить наиболее важные критерии контроля, основываясь на анализе вероятности возникновения рисков и их влияния на техническое состояние системы. Такой подход позволяет улучшить эффективность.

Одним из способов оптимизации процесса контроля технического состояния систем является использование риск-ориентированного метода. Международная организация по стандартизации (ISO) определяет риск как влияние неопределенности на цели [1, 2]. В рамках этого подхода особое внимание уделяется выбору критериев контроля, учитывая уровень риска, который представляют собой отдельные элементы технического состояния. Это позволяет усиливать контрольные процедуры и выделять наиболее критичные элементы системы, что в свою очередь повышает эффективность контроля и оптимизирует ресурсы.

Риск-ориентированный подход возможно реализовать с помощью специальных информационных систем и приложений, которые позволяют выполнять мониторинг технического

состояния систем в режиме реального времени.

Например, в области транспортных средств, существующие в настоящее время программные продукты предназначены для контроля факта выезда на линию, постановки и вывода из ремонта [3], но не обеспечивают получение информации о техническом состоянии автомобильного транспорта на предприятии в режиме реального времени, и не способны анализировать, контролировать и предлагать проверяющим пункты для проверки.

Большое значение имеют проверки технического состояния подвижного состава при выпуске на линию и по возвращении на территорию компании, а также контроль качества работ, выполняемых непосредственно на транспортном средстве [3].

Риск-ориентированный метод основывается на идентификации и оценке рисков, связанных с работой системы. Это позволяет оценить влияние рисков на состояние системы и выбрать критерии контроля, которые максимально эффективно позволяют отслеживать состояние системы.

Целью исследования является изучение возможности использования и эффективности контроля состояния систем и предложить пути их решения. Область исследования охватывает теоретические и практические аспекты контроля состояния систем, в том числе методы оценки эффективности и проблемы, связанные с их применением. Исследование представляет собой важный шаг в понимании проблем эффективности контроля состояния систем и позволяет оценить пути улучшения этой эффективности. Результаты исследования могут использоваться в практических целях для улучшения качества контроля состояния систем и увеличения их эффективности.

При разработке и проверке модели могут использоваться различные методологии и методы, такие как математическое моделирование, имитационное моделирование и экспериментальная проверка [4]. Выбор методологии будет зависеть от конкретных целей и ограничений исследовательского проекта. Модель должна быть разработана таким образом, чтобы точно представлять изучаемую систему, и ее необходимо проверить путем сравнения с реальными данными. Это может включать сбор данных с помощью экспериментов, опросов или других средств, а затем использование статистических методов для анализа данных и сравнения их с предсказаниями модели. Конечная цель — продемонстрировать, что модель точно отражает поведение системы и что ее можно использовать для получения значимых прогнозов производительности системы.

Пример модели для контроля эффективности системы может быть построен на основе методов машинного обучения, таких как линейная регрессия, дерево решений, поиск квазиоптимальных методов решения, риск-ориентированных методов [5]. Модель может предсказывать эффективность системы на основе входных параметров. Через валидацию модели можно проверить ее точность при предсказании эффективности системы на основе исторических данных. Улучшение модели может происходить путем добавления новых параметров или изменения алгоритма машинного обучения, а также обновления информации по имеющимся данным.

Специально разработанная система может иметь возможность хранить информацию о выявленных проблемах и недостатках, пока они не будут устранены. Результат использования риск-ориентированного метода для выбора критериев контроля качества состояния систем — это более эффективный процесс выбора критериев, которые учитывают влияние рисков на эффективность и надежность систем [6].

Использование риск-ориентированного подхода позволяет выявить и оценить вероятность появления рисков, что помогает выбрать наиболее подходящие критерии контроля качества. Так же такая система может сама анализировать риски, влияющие на состояние системы и предлагать проверять те пункты, которые больше нуждаются в проверке. После проверки, алгоритм пересчитывает вероятности и при следующей проверке проверяющему предлагаются пункты, которые на данное время являются более значимыми.

После исследования и применения риск-ориентированного метода для выбора критериев контроля качества состояния систем, мы можем ожидать следующих результатов:

- более точные и подробные данные о состоянии систем, позволяющие принимать более эффективные решения;
- улучшение эффективности контроля качества, что снижает риск возникновения неисправностей и повышает надежность системы;
- определение критических узлов и потенциальных уязвимых мест, что позволит сфокусировать усилия на предотвращение проблем в будущем.

Например, в области транспортных средств можно составить таблицу приоритетов и процента опасности пунктов проверки технического состояния (табл. 1).

В такую таблицу необходимо внести все неисправности, по которым необходимо контролировать состояние системы. Также нужно проанализировать приоритеты проверки и опасности отказа системы из-за выхода из строя по каждому пункту. Для этого возможно обратиться к истории отказов системы ранее. Посмотреть периодичность отказов, из-за каких отказов больше всего повреждалась система. Это необходимо для дальнейшего расчета рисков общей вероятности отказа такой системы и составления рекомендаций для пунктов проверки.

Далее необходимо наблюдение изменения состояния системы. В виду длительности эксперимента этот этап проверки был проведен в среде имитационного моделирования.

Табл. 1. Приоритеты и процент опасности

№ п/п	Наименование неисправностей	Приоритет	Класс опасности	Класс опасности в процентах	Время MIN	MAX	Среднее
1	Тормозная система	1	6	7,32	2	3	2,5
2	Рулевое управление	1	6	7,32	2	3	2,5
3	Стеклоомыватели	3	4	4,88	0,2	0,5	0,35
4	Колеса	2	5	6,10	2	3	2,5
5	Шины	2	5	6,10	2	3	2,5
6	Звуковой сигнал	3	4	4,88	0,1	0,2	0,15
7	Тахограф	3	4	4,88	0,3	0,7	0,5
8	Аппаратура спутниковой навигации	3	4	4,88	0,3	0,7	0,5
9	Устройства (системы) вызова экстренных оперативных служб.	3	4	4,88	0,3	0,7	0,5
10	Замков дверей кузова или кабины, запоров бортов грузовой платформы, запоров горл	4	3	3,66	1	3	2
11	Устройства фиксации подушки и спинки водительского сиденья;	5	2	2,44	1	2	1,5
12	Устройства обогрева и обдува стекол	6	1	1,22	1	2	1,5
13	Тягово-сцепное устройство, а также страховочные тросы (цепи);	5	2	2,44	0,5	1	0,75
14	Держатель запасного колеса	5	2	2,44	0,1	0,3	0,2
15	крепление колес, состояние шин;	5	2	2,44	1	1,3	1,15
16	грузовая платформа, навесное оборудование,	6	1	1,22	1	2	1,5
17	наружные зеркала и государственные регистрационные знаки.	5	2	2,44	1	2	1,5
18	Стеклоочистители;	3	4	4,88	0,3	0,5	0,4
19	Внешние световые приборы и световозвращатели;	3	4	4,88	0,1	0,3	0,2
20	Герметичность систем, узлов и агрегатов транспортного средства,	4	3	3,66	0,5	3	1,75
21	Медицинская аптечка	5	2	2,44	1	3	2
22	Огнетушитель	5	2	2,44	1	3	2
23	Противооткатные упоры (для грузовых транспортных средств и автобусов)	6	1	1,22	1	3	2
24	Отсутствие внесенных в конструкцию транспортного средства изменений в нарушение	6	1	1,22	1	3	2
25	Отсутствие установленных на передней части транспортного средства световых прибо	6	1	1,22	1	3	2
26	При наличии конструктивных особенностей специальных и специализированных тран	6	1	1,22	1	3	2
27	Внешний вид	6	1	1,22	1	3	2
28	Приказы, распоряжения.	2	5	6,10	2	10	6
Итого		114	82	100	25,7	63,2	44,45

На рис. 1 можно увидеть, какие риски отказа системы были в традиционном способе проверки технического состояния, а на рис. 2 – что с использованием нового подхода ожидается снижение общего риска выхода из строя системы более чем в 2 раза.

Особенность такой модели в том, что после каждого использования системы увеличивается риск отказа системы из-за каждого пункта, в соответствии с таблицей приоритетов.

Таким образом, при следующей периодической проверке будут проверяться пункты, выбранные не случайным образом, как при традиционном способе проверки, а те, которые предлагает система.

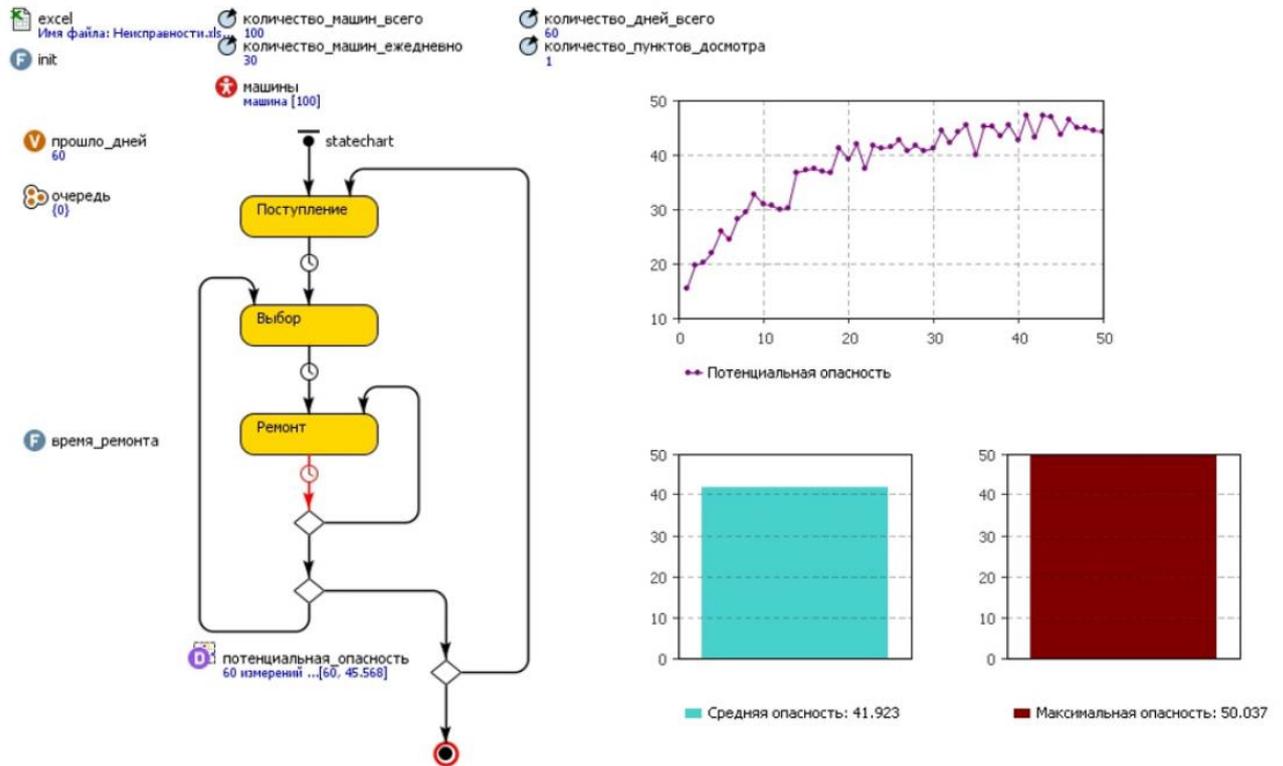


Рис. 1. Результат работы используемой на предприятиях модели

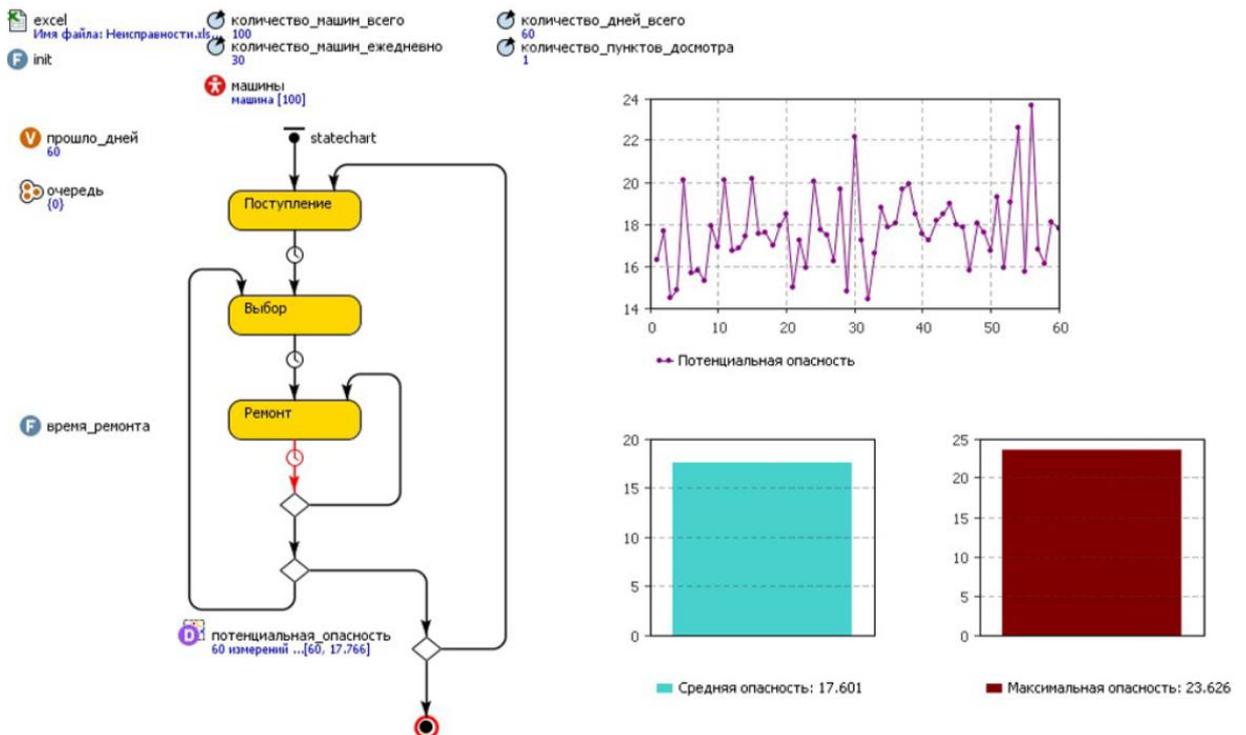


Рис. 2. Результат работы предлагаемой модели

Пункты, которые давно не проверялись, либо представляют наибольший риск отказа системы. Полная проверка всех пунктов, которые влияют на вероятность отказа занимает слишком много времени. Остановка системы для полных проверок вызывает простой системы, а, следовательно, потерю денежных средств на предприятии. Более частые, выборочные проверки позволяют в течение ограниченного времени проверять некоторые пункты и не создавать длительных простоев. Таким образом, до следующей полной проверки всей системы будет снижен

риск отказа системы. А в случае своевременного выявления неисправностей – заранее запланирован ремонт неисправной части системы, что в свою очередь снизит простой системы.

В рамках данного подхода возможен анализ состояния системы и изменение коэффициентов вероятностей отказа. Под разные системы возможна гибкая настройка и адаптация использования в новых условиях или получения новой информации о системе или после модернизации системы.

Анализ рисков и принятие решений являются важнейшими аспектами инженерных и управленческих приложений. Эти процессы включают выявление, оценку и снижение рисков, а также принятие обоснованных решений на основе доступной информации. Одним из подходов к анализу рисков является использование теории вероятностей и статистики для оценки вероятности возникновения конкретного риска и его потенциального воздействия. Затем эту информацию можно использовать для разработки стратегий управления рисками, таких как предотвращение риска, передача риска, снижение риска или принятие риска. Принятие решений в инженерных и управленческих аспектах включает в себя оценку различных вариантов на основе их потенциальных рисков и выгод и выбор варианта, который максимизирует общую выгоду при минимальных рисках.

Одним из полезных инструментов для принятия решений является анализ дерева решений, который включает в себя отображение различных путей принятия решений и связанных с ними рисков и выгод. Еще одним методом является анализ чувствительности, который включает проверку влияния различных допущений на результат решения. Другие факторы, которые могут повлиять на анализ рисков и принятие решений, включают доступные ресурсы, интересы заинтересованных сторон и этические соображения. В целом, анализ рисков и принятие решений являются важными компонентами эффективных методов проектирования и управления. Используя эти методы, инженеры и менеджеры могут принимать обоснованные решения, которые минимизируют риски и максимизируют выгоды для всех заинтересованных сторон.

Заключение. Рассматриваемая возможность использования риск-ориентированного метода для выбора критериев представляет собой важный инструмент для оптимизации процесса контроля качества состояния системы за счет возможности анализа и предложения пунктов для проверки. Возможность использования риск-ориентированного метода обосновывается тем, что он позволяет учесть все факторы, влияющие на работоспособность и надежность систем, в том числе, и риски. Данный подход дает более полную картину ситуации и позволяет выбрать эффективные и надежные критерии контроля. Использование таких систем может существенно повысить качество состояния систем, что, в свою очередь, снизит выход из строя систем, повысит качество контроля на предприятии за счет делегирования такой системе части задач, таких как хранение информации о выявленных замечаниях и неисправностях, а также контроль и учет проверки пунктов.

Литература:

1. Aven T. On Some Foundational Issues Concerning the Relationship Between Risk and Resilience. *Risk Analysis*, 42: 2062–2074. doi: 10.1111/risa.13848
2. Hore U.W., Wakde D.G. (2023). Intelligent Predictive Maintenance for Industrial Internet of Things (IIoT) Using Machine Learning Approach. In: Hemanth J., Pelusi D., Chen J.IZ. (eds) *Intelligent Cyber Physical Systems and Internet of Things. ICoICI 2022. Engineering Cyber-Physical Systems and Critical Infrastructures*, vol 3. Springer, Cham. doi: 10.1007/978-3-031-18497-0_65
3. Управление ремонтами в транспортных подразделениях ОАО «Сургутнефтегаз» [Электронный ресурс]. URL: https://www.osp.ru/netcat_files/18/10/7._Ypravlenie_remontami__v_transportnukh_podrazdeleniyah_OAO_Surgutneftegaz___Lyshnikov__Ruzjikh__Shymann.pdf.
4. Aven T. On Some Foundational Issues Concerning the Relationship Between Risk and Resilience. *Risk Analysis*, 42: 2062 – 2074. doi: 10.1111/risa.13848
5. Aven T. The call for a shift from risk to resilience: What does it mean? // *Risk Analysis*. – 2019. – Т. 39. – №. 6. – С. 1196–1203.
6. Fatos Xhafa. *Engineering Cyber-Physical Systems and Critical Infrastructures*. doi: 10.1007/978-3-031-16237-4

УДК 004.89

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ ВЕН НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ ПАЦИЕНТА

Чирко Р.А., магистрант, chirko-99@mail.ru

*Научный руководитель: Урманцева Н.Р., ст. преподаватель кафедры АСОИУ,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

Аннотация. В статье рассматривается интеллектуальная система комплексной оценки состояния вен нижних конечностей. Система помогает флебологу в определении кода классификации CEAP в сложных случаях путем распознавания загруженного в программу снимка формата DICOM или фотографии ног пациента сверточной нейронной сетью.

В процессе обучения нейронной сети использовался метод изменения контрастности и метод приведения изображения к черно – белому формату. Для снимков формата DICOM использовался метод контрастности. За счет внесения контрастности на черно – белый DICOM снимок, нейронная сеть лучше его обрабатывает и выводит более точные результаты распознавания. Таким образом среднее значение процента распознавания варьируется 86,1 – 97,4%. Для фотографий ног пациентов использовался метод приведения изображения к черно – белому формату. Благодаря данному методу удалось улучшить процент распознавания нейронной сетью фотографий. Так процент распознавания варьируется 82%-99%.

Ключевые слова: система поддержки принятия решения, сверточная нейронная сеть, флебология, неинвазивные исследования, СППР, искусственный интеллект, DICOM снимки

INTELLIGENT SYSTEM FOR COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE STATE OF THE PATIENT'S LOWER LIMB VEINS

Chirko R.A., graduate student, chrko-99@mail.ru

*Scientific supervisor: Urmantseva N.R., senior lector of Department ASOIU,
Surgut State University, Surgut, Russia*

Annotation. The article considers an intelligent system for a comprehensive assessment of the state of the veins of the patient's lower extremities. The system will help a phlebologist in making decisions to determine the CEAP classification code in controversial and complex cases by recognizing a DICOM format image loaded into the program or a photograph of the patient's legs by a convolutional neural network.

In the process of training the neural network, the method of changing the contrast and the method of converting the image to black and white format were used. For DICOM images, the contrast method was used. By introducing contrast into a black and white DICOM image, the neural network processes it better and displays more accurate recognition results. Thus, the average recognition percentage varies from 86.1 to 97.4%. For photographs of the legs of patients, the method of reducing the image to black and white format was used. Thanks to this method, it was possible to improve the percentage of recognition of photos by the neural network. So the percentage of recognition varies 82% -99%.

Keywords: decision support system, convolutional neural network, phlebology, non-invasive research, DSS, artificial intelligence, DICOM images

Введение. На сегодняшний день отсутствуют подходы, позволяющие диагностировать на ранних стадиях нарушение венозного оттока из нижних конечностей, которое, как правило, протекает в форме хронической венозной недостаточности – самая часто встречающаяся

патология сосудов у человека. В настоящее время ни один из существующих методов диагностики заболевания не обходится без необходимости госпитализации обследуемого и введения каких-либо препаратов.

В РФ свыше 30 000 000 человек имеют хронические заболевания вен (ХЗВ) нижних конечностей [1]. А существующая система диагностики нередко приводит к неправильной классификации степени тяжести венозной патологии и, как следствие, к оперативному вмешательству в тех случаях, когда в нём необходимость отсутствует.

Инструменты искусственного интеллекта, в частности нейронные сети, широко используются сейчас в системах поддержки принятия решений в области медицины [2]. Интеллектуальная система комплексной оценки состояния вен нижних конечностей пациента для постановки диагноза о хронической венозной недостаточности для врачей-флебологов, построенная на базе сверточной нейронной сети, должна быть способна поставить в соответствие код классификации хронических заболеваний вен CEAP (clinic, etiology, anatomy, pathogenesis) изображениям нижних конечностей пациента и снимкам формата DICOM. Основными препятствиями в создании и функционировании интеллектуальной системы, являются отсутствие набора снимков для обучения модели предсказания и поддержки актуальности моделей очередными снимками [3].

Вариант решения. Метод контрастности применялся для подготовки датасета. Датасет обрабатывался по параметрам, подобранным опытным путем, затем загружался в нейронную сеть, и далее происходило обучение. Метод контрастности помог улучшить результаты распознавания (рис.1).

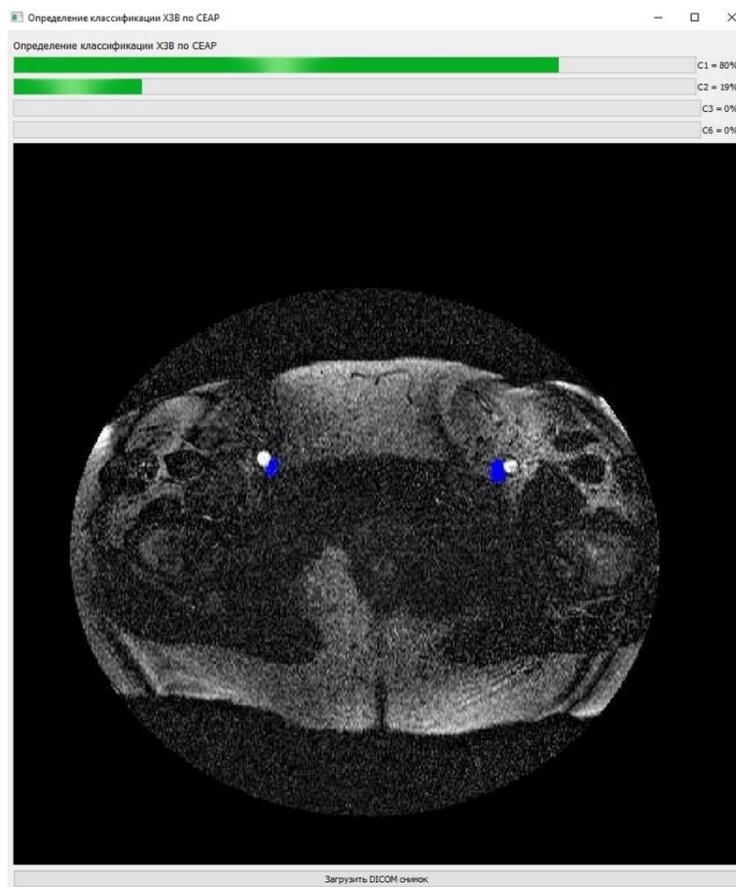


Рис. 1. Результат распознавания DICOM снимка

Параметры, использованные при изменении датасета: насыщенность 60, контраст 10, автоулучшение 10.

Метод приведения изображения к черно – белому формату применялся для подготовки

датасета фотографий ног. Сначала нейронная сеть была обучена на оригинальных снимках, среди 12 тестов было верно классифицировано 4 фотографии, что говорит об ошибке в 33%.

Алгоритмы подготовки данных для обучения представлены на рис. 2–3.



Рис. 2. Алгоритм подготовки датасета по методу контрастности

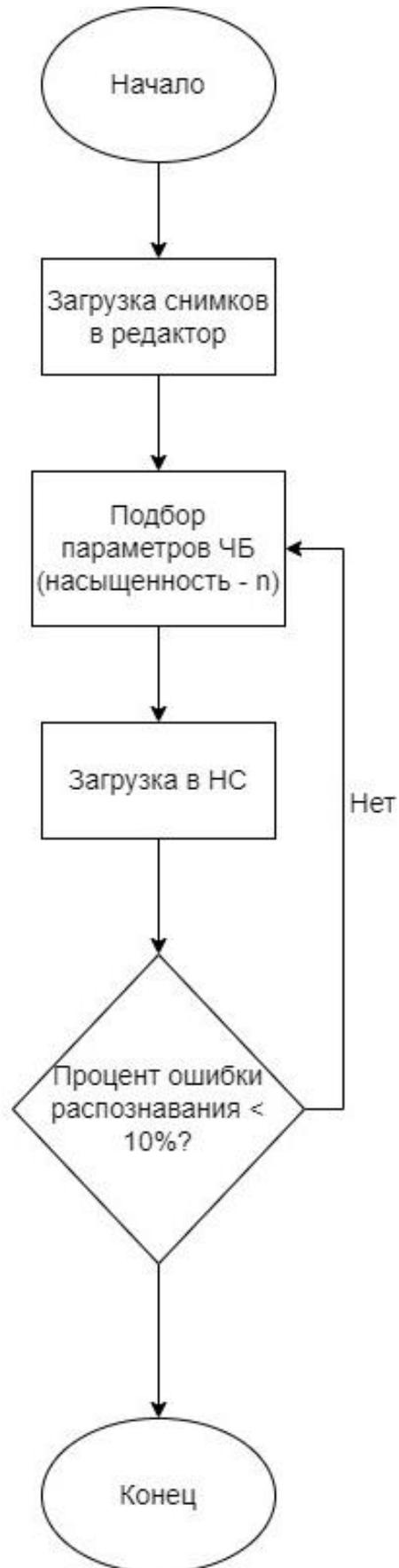


Рис. 3. Алгоритм подготовки датасета по методу ЧБ

Для улучшения результата датасет переведен в черно-белые тона и загружен в нейронную сеть. При обучении нейронная сеть прошла 100 эпох, результаты оказались лучше (рис. 4–6).



Рис. 4. Фотография ног до преобразований



Рис. 5. Фотография ног после преобразований

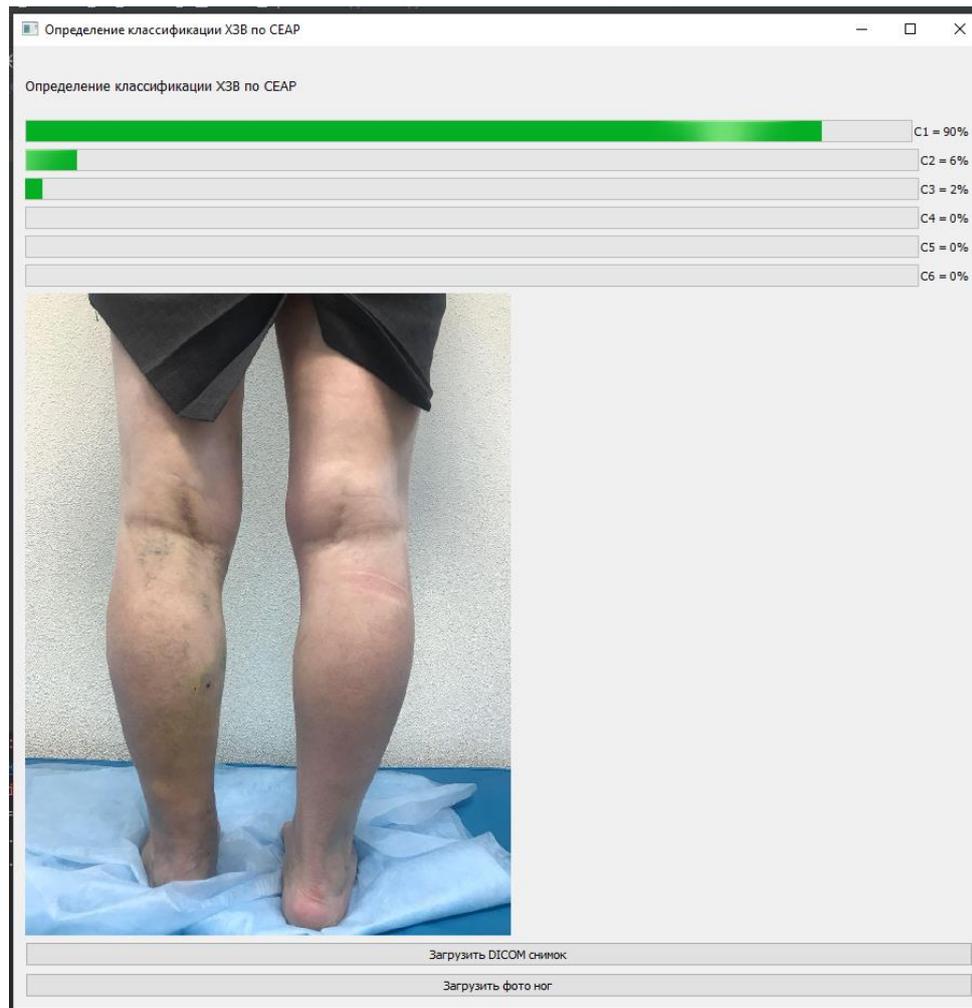


Рис. 6. Результат классификации

Выводы. Метод контрастности помог снизить ошибку неверного распознавания, так, например, среди 12 тестов на оригинальных снимках ошибочно распознаны были 7 снимков, а на контрастированных снимках ошибочное распознавание было 1 раз, что говорит об ошибке в 8%.

При использовании метода приведения изображения к черно – белому формату среди 14 тестов было допущено одно ошибочное распознавание, что говорит об ошибке в 7%.

Две обученные модели были объединены в одну программ.

В работе была представлена интеллектуальная система комплексной оценки состояния вен нижних конечностей пациента.

С помощью метода контрастности DICOM снимков удалось улучшить результаты распознавания и классификации изображений нейронной сетью.

Так же с помощью метода приведения изображения к черно – белому формату удалось улучшить результаты распознавания фотографий ног пациентов, ввиду небольшого набора исходных данных.

В дальнейшем планируется продолжить разработку программы, расширение функционала, переход на WEB приложение в связи с тем, что для вычислений результатов нейронной сетью требуются ресурсы ПК. Переход на WEB – приложение поможет существенно снизить нагрузку на рабочий ПК врача-флеболога.

Литература:

1. Варикозное расширение вен. Лечение. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://formulzd.ru/varicose-vein/>.

2. Ле Мань Ха. Сверточная нейронная сеть для решения задачи классификации / Ле Мань Ха. – Москва: Труды МФТИ, 2016. – С. 91–97.

3. Чирко Р.А., Урманцева Н.Р. Система анализа результатов неинвазивных исследований пациента для поддержки принятия решений сердечно-сосудистого хирурга-флеболога / Р.А. Чирко, Н.Р. Урманцева // Успехи кибернетики. – 2022. – № 3. С. 42–51. doi: 10.51790/2712-9942-2022-3-3-5

Секция II.

*ПРОЕКТИРОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ, ОПТИМИЗАЦИЯ, ДИАГНОСТИКА
И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ*

УДК 004.42

**МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ПО УЧЁТУ И КОНТРОЛЮ ПЕРЕДВИЖЕНИЯ
ТРУБНОЙ ПРОДУКЦИИ В ПАО «СУРГУТНЕФТЕГАЗ»**

Акулинин Д.С., магистрант, akulinin_ds@edu.surgu.ru
Научный руководитель: Берестин Д.К., канд. физ.-мат. наук, доцент,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

Аннотация. На данный момент в ПАО «Сургутнефтегаз» нет единой системы учёта и контроля движения трубной продукции. В связи с этим учёт труб — трудоёмкий процесс, который занимает достаточное количество времени. Затраты временных ресурсов увеличиваются за счёт возникающих в процессе работы ошибок. Специалист для оформления документа на трубную продукцию может заполнить некорректную информацию при поступлении или отгрузке. Также может допустить ошибки при ручном сопоставлении информации для формирования отчётности. И это происходит в пределах только одного подразделения. Тема статьи направлена на разработку мобильного приложения для автоматизированной работы учёта и контроля трубной продукции.

Ключевые слова: учёт, труба, мобильное приложение, Андроид

**MOBILE APPLICATION FOR ACCOUNTING AND CONTROL
OF THE MOVEMENT OF PIPE PRODUCTS IN PJSC “SURGUTNEFTEGAS”**

Akulinin D.S., graduate student, akulinin_ds@edu.surgu.ru
Scientific supervisor: Berestin D.K., Ph.D. in Physics and Mathematics, Associate Professor,
Surgut State University, Surgut, Russia

Annotation. At the moment, Surgutneftegas PJSC does not have a unified system for accounting and controlling the movement of pipe products. In this regard, accounting for pipes is a laborious process that takes a sufficient amount of time. The cost of time resources increases due to errors that occur in the process of work. A specialist for processing a document for pipe products may fill in incorrect information upon receipt or shipment. It can also make mistakes when manually comparing information for reporting. And this happens within only one division. The topic of the article is aimed at developing a mobile application for automated accounting and control of pipe products.

Keywords: accounting, pipe, mobile application, Android

Введение. Ситуация до внедрения мобильного приложения выглядит так:

- специалисты идентифицируют трубную продукцию вручную, что занимает большое количество времени и не так просто контролировать передвижение;
- вручную маркируют её в разных местах;
- стикеры стираются со временем, ржавеют. Это приводит к усложнению идентификации;
- отсутствуют номера пачек;
- ручное формирование и ведение документации;
- специалисты могли записать не тот заводской номер.

Вариант решения. Предлагаемый процесс, как будет производиться перемещение трубной продукции на всех её этапах, выглядит таким образом, что трубную продукцию принимают в ЦТБ,

наносят на них маркировки, собирают в пакеты и печатают бирки. Далее отправляют их на СНПХ, где наносится внутреннее покрытие. После чего в УКРНО, СМТ наносится внешняя изоляция. Когда трубная продукция готова к эксплуатации, её отдают на выполнение монтажных работ. На всех этапах с помощью мобильного считывателя специалисты контролируют перемещение. Более подробно бизнес-процесс представлен на рис. 1.

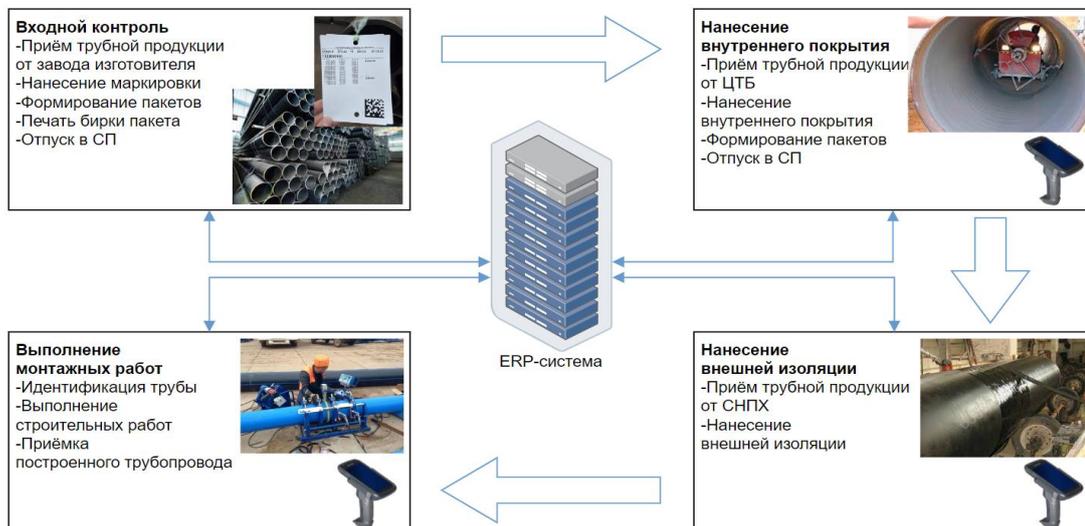


Рис. 1. Бизнес-процесс «Как будет»

До этого никаких кодов не наносилось. В настоящее время, на трубы наносится Data Matrix DOT Peen коды. Маркируют их игло-ударным способом с флуоресцентным покрытием. Именно это покрытие самое надёжное и более устойчиво к внешним воздействиям на протяжении длительного времени. За счёт флуоресцентной краски и дополнительной насадки устройства увеличивается контрастность изображения, что позволяет лучше распознать Data Matrix код. Каждый код уникальный, и при его идентификации производится поиск в базе данных системы, после чего вся найденная информация отображается на мобильном считывателе.

Мобильный терминал сбора данных с дополнительной насадкой позволяет считывать Data Matrix коды с флуоресцентным покрытием.

Для удобства трубы собирают в пакеты, для которых формируется бирка. На ней отображается основная информация, их список и Data Matrix код, с помощью которого можно легко узнать всю информацию об этом пакете.

Специалистам для автоматизированной идентификации и улучшенного контроля перемещения трубной продукции необходимо разработать мобильное приложение.

Вид кода, мобильного считывателя и бирки представлен на рис. 2.



Рис. 2. Маркировка труб

Разработка. Для разработки мобильного приложения была использована среда разработки

Android Studio, как самая удобная и оптимальная для Android. Доступны тестирование и анализ кода, а также поддержка системы контроля версий [1, 2].

Язык программирования Java был выбран из-за его простоты, безопасности, производительности и надёжности [3].

Для работы с ERP-системой используется библиотека для мобильной разработки.

Применялся UX дизайн для создания более удобного интерфейса специалистам.

Все используемые инструменты в разработке представлены на рисунке 3.

Android Studio – интегрированная среда разработки для работы с платформой Android	Java – универсальный объектно-ориентированный язык программирования	Библиотека ERP-системы, специализированная для мобильной разработки	UX-дизайн – дизайн взаимодействия с пользователем
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Популярная среда разработки для мобильных устройств ✓ Оптимальна для Android ✓ Тестирование и анализ кода ✓ Поддержка системы контроля версий 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Надёжность и безопасность ✓ Независимость от платформы ✓ Высокая производительность ✓ Развитая экосистема 	<p>Возможность обмена данными с ERP-системой.</p> 	<p>Создание удобного интерфейса для взаимодействия с пользователем.</p> 

Рис. 3. Используемое ПО и оборудование

Структура мобильного приложения, представленная на рис. 4, состоит из 2 главных блоков: модуль аутентификации и базовой функциональности приложения. Модуль аутентификации состоит из регистрации и авторизации пользователей, а в базовой функциональности все модули для работы с перемещением трубной продукцией. Для входа в приложение нужно пройти процесс аутентификации в ERP-системе. После чего доступны все функциональные модули.

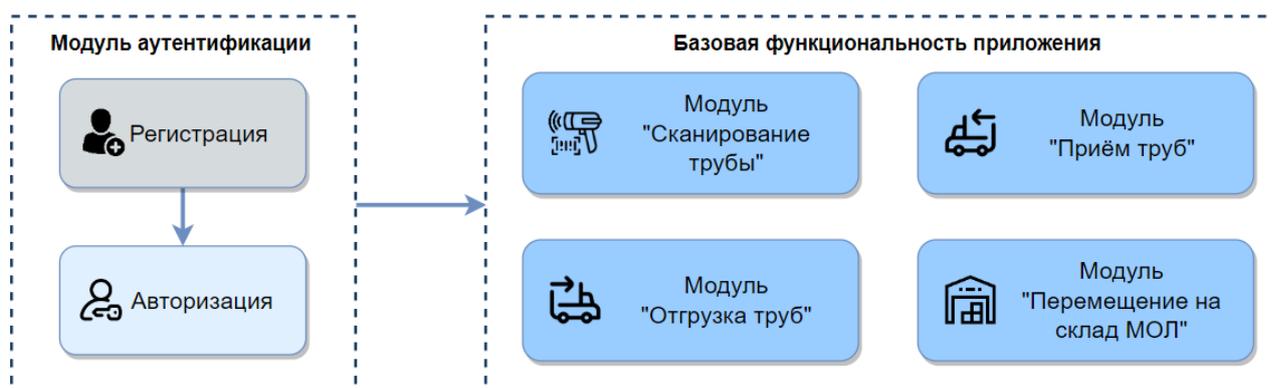


Рис. 4. Структура мобильного приложения

Выводы. Было разработано мобильное приложение для операционной системы Android для учёта и контроля передвижения трубной продукции в ПАО «Сургутнефтегаз», что значительно уменьшит временные и трудовые затраты.

Технологический эффект мобильного приложения заключается в:

- автоматизированном надёжном контроле движения трубной продукции;
- автоматизированной идентификации труб либо пакета труб;
- исключении ввода некорректных данных специалистом;
- исключение дублирования данных;
- уменьшение количества времени оформления документации на учёт трубной продукции.

Литература:

1. Пирская Л.В. Разработка мобильных приложений в среде Android Studio: Учеб. пособие / Пирская Л.В. – Ростов-на-Дону; Таганрог: Южный федеральный университет, 2019. – 123 с.
2. Официальное руководство для разработчиков Android [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://developer.android.com>.
3. Руководство по языку программирования Java [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metanit.com/java/tutorial/>.

УДК 519.873

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ НАДЕЖНОСТИ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УЧЕТА ЗАЯВОК НА ОСНОВЕ СТАТИЧЕСКОГО ПОДХОДА

Мухаметчина В.А., магистрант, mukhametchina_va@edu.surgu.ru
Научный руководитель: Бушмелева К.И., д-р техн. наук, доцент,
профессор кафедры АСОИУ, Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

Аннотация. В докладе рассмотрен процесс обработки данных в информационной системе учета заявок, как системы массового обслуживания. Также рассмотрены необходимые выражения и равенства для построения алгоритма моделирования. Представлена структурная схема надежности системы с соответствующим расчетом параметров надежности.

Ключевые слова: система массового обслуживания, надежность системы, параметры надежности, алгоритм, модель

EVALUATION OF THE RELIABILITY PARAMETERS OF THE INFORMATION SYSTEM FOR REQUEST RECORDING ON THE BASIS OF THE STATIC APPROACH

Mukhametchina V.A., graduate student, mukhametchina_va@edu.surgu.ru
Scientific supervisor: Bushmeleva K.I., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
Professor of Department ASOIU, Surgut State University, Surgut, Russia

Annotation. The report considers the process of data processing in the information system for accounting for applications, as a queuing system. The necessary expressions and equalities for constructing the modeling algorithm are also considered. A block diagram of the reliability of the system with the corresponding calculation of reliability parameters is presented.

Keywords: queuing system, system reliability, reliability parameters, algorithm, model

Введение. Реализация и поддержка информационной системы (ИС) тесно связаны с обеспечением ее надежности. Для поддержки надежности системы можно выделить два ограничивающих фактора:

- временная неработоспособность системы, что может привести к простоею;
- возможность появления новых ошибок в работе системы, что может потребовать дополнительные ресурсы для их исправления [1].

Важно отметить, что эти ограничения связаны с экономической стороной использования системы, так как при возникновении серьезных ошибок, а особенно при простое системы массового обслуживания (СМО), могут быть серьезные экономические потери.

Надежность информационной системы является важным параметром ее эксплуатации. Существует множество определений надежности ИС, однако все они нацелены на определение надежности ИС в контексте выполнения ее задач в соответствии с заданными эксплуатационными характеристиками и их сохранением со временем. Эти характеристики могут быть измерены и контролированы.

Для систем массового обслуживания (например, обслуживание заявок, клиентов, транзакций) оценка и обеспечение их надежности крайне важны, так как это непосредственно влияет на качество и скорость обслуживания пользователей и на репутацию организации. В связи с чем актуальность данного исследования находится на достаточно высоком уровне.

Оценка параметров надежности ИС. Основными свойствами надежности ИС являются следующие [2]:

1. Безотказность – сохранение работоспособности в течение некоторого времени.
2. Устойчивость – сохранение работоспособности в условиях действия помех.
3. Модифицируемость – приспособленность к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений и поддержанию, и восстановлению работоспособного состояния путем доработки и модернизации.
4. Защищенность – невозможность реализации посторонних вмешательств.

Свойства надежности ИС, описанные выше, могут быть измерены количественными показателями, которые отражают одно или несколько свойств, определяющих надежность ИС. По определению, эти показатели являются индикаторами текущего состояния ИС.

В области теории надежности ИС обычно выделяют следующие ключевые показатели [2]:

- вероятность безотказной работы ИС $P(t)$;
- вероятность отказа ИС $q(t)$;
- интенсивность отказов ИС $\lambda(t)$;
- средняя наработка ИС на отказ T .

Для оценки надежности ИС используются различные методы и подходы, каждый из которых представляет собой комплексную методику. Обычно выделяют несколько подходов, которые используются при расчете показателей надежности ИС, такие как:

1. Динамический – при котором используются результаты выполнения программы.
2. Статический – основанный на анализе различных материалов, используемых в процессе проектирования системы.
3. Архитектурный – этот метод основывается на исследовании архитектуры системы и может совмещать как динамический, так и статический подходы.
4. Эмпирический – использует информацию о процессе проектирования (например, опыт предыдущих проектов) [3].

В рамках данного исследования используется проект разрабатываемой ИС учета заявок, в свою очередь расчеты показателей надежности выполняются на основе статического подхода.

Прием заявок или документации с последующей их обработкой сотрудниками организации – классический практический пример для анализа уровня эффективности информационной системы.

В качестве бизнес-процесса рассмотрим процедуру обработки заявок и их комплексное сопровождение. Клиент осуществляет подачу заявки. Интенсивность поступления этих заявок носит случайный порядок. Они обрабатываются и после этого они исключаются из системы. В ходе построения исследуемого процесса выявлены следующие случайные величины, влияющие на данный процесс:

- СВ1 – время между обращениями пользователей;
- СВ2 – длительность выявления требований по обращениям;
- СВ3 – количество пользователей;
- СВ4 – длительность поиска заявок;
- СВ5 – длительность формирования документа;
- СВ6 – длительность обработки заявки;
- СВ7 – количество заявок;
- СВ8 – длительность создания отчетной документации.

Структура и особенности процесса учета заявок и их комплексное сопровождение позволяют рассматривать проектируемую ИС как многофазную систему массового обслуживания, которая имеет один канал для обслуживания. Ресурсные ведомости (информация о ресурсах, необходимых для выполнения определенных задач [3] или заявка) рассматриваются в этой системе в качестве входящих заявок на обслуживание. Персонал организации при этом играет роль канала, по которому осуществляется обслуживание (рис. 1).

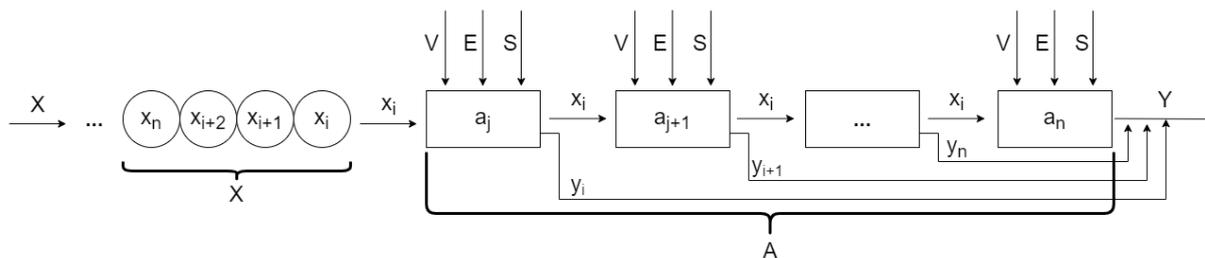


Рис. 1. Процесс обработки входных данных в системе

Для математического описания рассматриваемого процесса необходимо воспользоваться следующими выражениями:

– для описания комплекса входных воздействий: $x_i \in X, i = \overline{1, n_x}$.

Этим выражением может быть описан процесс обработки новой входящей заявки;

– для описания комплекса характеристик процесса: $v_i \in V, i = \overline{1, n_v}$.

Этим выражением может быть описан процесс определения числа сотрудников, которые привлечены к выполнению операций на каждом из этапов. Также этим выражением можно описать количество рабочих дней в неделе и т.д.;

– для описания комплекса действующих случайных характеристик процесса: $s_i \in S, i = \overline{1, n_s}$.

Этим выражением может быть описан процесс формирования случайной продолжительности обработки задания по формированию перечня необходимых ресурсов, а также случайная длительность подбора материала и т.д.;

– для описания комплекса случайных воздействий внешней среды: $\varepsilon_m \in E, m = \overline{1, n_E}$.

Этим выражением может быть описан процесс вероятных перерывов работы оборудования вследствие воздействия внешних факторов и т.д.;

– для описания комплекса выходных характеристик процесса: $y_p \in Y, p = \overline{1, n_y}$;

– для описания временного функционирования процесса, где осуществляется преобразование экзогенных переменных в эндогенные [3] согласно формуле: $a_i \in A, j = \overline{1, n_A}$.

Данное выражение является динамической характеристикой рассматриваемого процесса, так как оно представляет собой математическое описание функционирования процесса во времени t .

Выражение, описывающие состояние обслуживаемой системы, имеют вид [4]:

$$\bar{z}^0 = (z_1^0, z_2^0 \dots z_k^0), \quad (1)$$

$$\text{где } z_1^0 = z_1(t_0), z_2^0 = z_2(t_0) \dots z_k^0 = z_k(t_0).$$

Поскольку состояние системы зависит от входных воздействий $x(t)$, внешних параметров $v(t)$ и $s(t)$ и воздействий внешней среды $\varepsilon(t)$, которые происходили за промежутки времени, то имеют место следующие выражения [4]:

$$\bar{z}(t) = \Phi(\bar{z}^0, x, v, s, \varepsilon, t); \quad (2)$$

$$\bar{y}(t) = F(\bar{z}, t). \quad (3)$$

Функция $\bar{z}(t)$ и ее первоначальное состояние определяются выражением (2). Функция $\bar{y}(t)$, определяемая выражением (3), является эндогенной выходной переменной. Следовательно, выражение, характеризующее конечную стадию процесса, имеет следующий вид:

$$\bar{y}(t) = F[\Phi(\bar{z}^0, x, v, s, \varepsilon, t)], \quad (4)$$

где функция F задана множеством алгоритмов выполнения работ A (рис. 1).

Оценка параметров надежности ИС подразумевает разработку и проектирование ее структурной схемы надежности (ССН) [5]. Поскольку данная работа рассматривает оценку параметров надежности ИС, которая находится только в стадии проектирования, то имеет место алгоритм моделирования (рис. 2), на основании которого построена ССН.

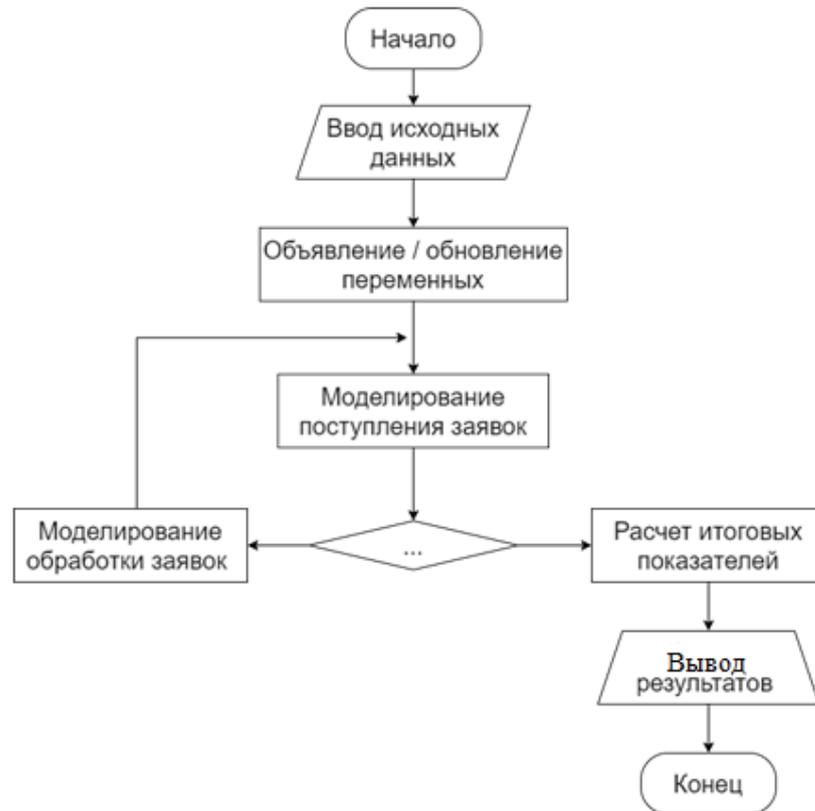


Рис. 2. Алгоритм моделирования

Исходя из полученного алгоритма, в общем виде для построения ССН, систему можно представить в виде 6 блоков:

1. Блок, отвечающий за введение в систему исходной информации.
2. Блок, отвечающий за реализацию функций задания переменных.
3. Блок, отвечающий за процесс поступления заявки в систему.
4. Блок, отвечающий за процесс обработки заявки внутри системы.
5. Блок, отвечающий за осуществление всех необходимых расчетов для формирования статистики.
6. Блок, отвечающий за представление и передачу конечных данных.

Построенная, в соответствии с полученным количеством взаимосвязанных блоков, ССН представлена на рис. 3.

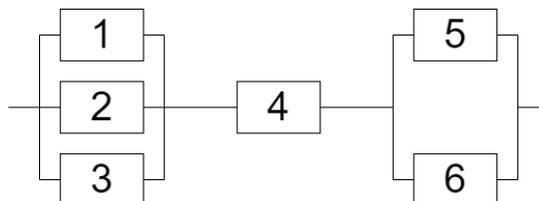


Рис. 3. ССН ИС учета заявок

Выражение для вычисления вероятности безотказной работы (ВБР) при последовательном соединении имеет вид [6]:

$$P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t) = e^{-\lambda_n t}, \quad (5)$$

где n – количество элементов, $\lambda_n = \sum_{i=1}^n \lambda_i$ – интенсивность отказов элементов системы.

Для параллельного соединения, формула имеет вид [6]:

$$P_m(t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - P_i(t)]. \quad (6)$$

Поскольку достоверно точных значений вероятностей безотказной работы для всех блоков нет, то пусть в целях моделирования будет задано среднее значение ВБР $P_i(t) = 0,97$ за промежуток времени t .

Тогда, для параллельно соединенных блоков 1,2,3, значение ВБР $P_{m1}(t) = 0,99$ после округления.

Для, также параллельно соединенных, блоков 5 и 6, значение ВБР $P_{m2}(t) = 0,99$ после округления.

ВБР системы $P_{\text{сист}}(t) = 0,95$ после округления.

Для расчета оценок интенсивности отказов, плотности распределения наработки до отказа и вероятности безотказной работы в течение определенных интервалов наработки t_i , в таблице 1 приведены предполагаемые исходные данные.

Табл. 1. Исходные данные для расчетов

Интервалы времени Δt_i , ч	0 – 20	20 – 40	40 – 60	60 – 80	80 – 100
Число сбоев Δr_i	5	10	15	10	5

Вычислив значение оценки интенсивности отказов $\lambda(t)$ по следующей формуле [7]:

$$\lambda(t) = \frac{\Delta r_i}{(N - r_{i-1})\Delta t_i}, \quad (7)$$

для каждого интервала времени Δt_i получены результаты, представленные на рисунке 4. Значения оценки плотности распределения наработки до отказа рассчитаны по следующей формуле [7]:

$$f(t) = \frac{\Delta r_i}{N\Delta t_i}, \quad (8)$$

и полученные результаты представлены на рис. 5.

Наработка до отказа — это количество работы, которое может выполнить система до того, как произойдет ее отказ. Этот показатель часто используется в теории надежности и инженерных расчетах, чтобы определить вероятность отказа системы в определенный момент времени [4].

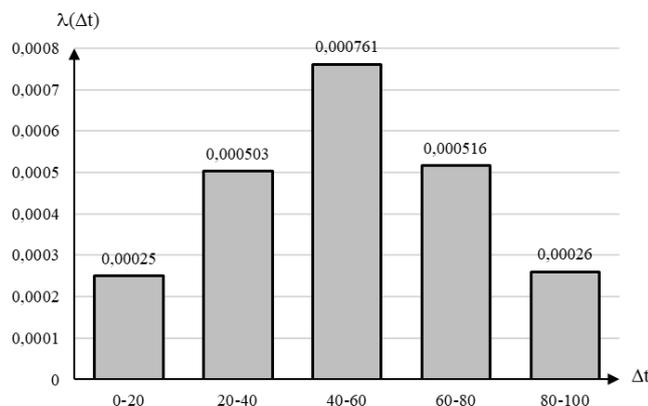


Рис. 4. График оценки интенсивности отказов

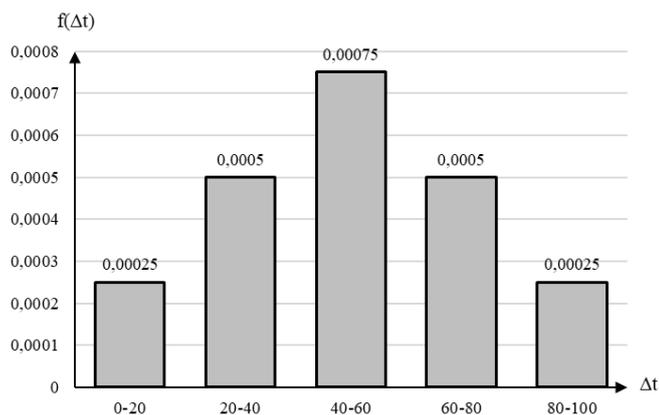


Рис. 5. График оценки плотности распределения наработки до отказа

Также, по исходным данным, рассчитана ВБР в течение каждого интервала времени по следующей формуле [7]:

$$P_i = 1 - \frac{r_i}{N}. \quad (9)$$

Результаты расчета ВБР представлены на рис. 6.

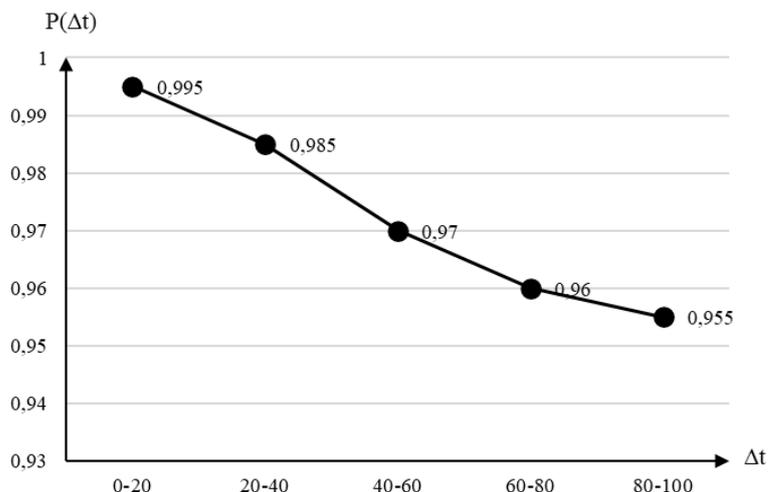


Рис. 6. График функции надежности

Из графика можно сделать вывод о том, что с увеличением времени непрерывной работы системы ВБР уменьшается, т.е. чем дольше система работает, тем выше вероятность появления отказов. Подводя итог, можно сделать вывод, что ВБР системы в целом составляет не менее 0,96.

Выводы. Основная необходимость расчета надежности ИС связана с тем, что ИС играют важную роль в современном обществе, и их надежность напрямую влияет на производительность бизнес-процессов, удобство использования, безопасность и конкурентоспособность организаций. Расчет надежности ИС позволяет определить вероятность отказа ИС в определенный момент времени и оценить ее надежность в целом. Это позволяет разработчикам и пользователям ИС принимать меры для повышения ее надежности и устранения возможных узких мест.

Полученные результаты в данной работе позволят сравнить планируемые показатели надежности системы, разрабатываемой в рамках магистерской выпускной работы с фактическими. Фактические результаты будут получены после завершения разработки системы и проведения мероприятий по тестированию системы. Отсюда можно будет получить сравнительные показатели и ответить на вопрос, насколько приближенным будут предварительные расчеты с фактическими и возможно ли достичь рассчитанные значения в данной работе на практике.

Литература:

1. Бычков С.С., Попов А.М., Золотарев В.В. Повышение уровня надежности информационных систем // Вестник СибГАУ2014. № 3(55). С. 42–47.
2. ГОСТ Р 27.002–2009. Надежность в технике. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 2009. – 160 с.
3. Павлов И. В. Статистические методы оценки надежности сложных систем по результатам испытаний. – М.: Радио и связь, 2014. – 168 с.
4. Функциональная надежность информационных систем. Методы анализа / И.Б. Шубинский. – М.: Ж-л «Надежность», 2012. – 296 с.
5. Акимова Г.П., Соловьев А.В. Методология оценки надежности иерархических информационных систем // Труды ИСА РАН. 2006. Т. 23. С. 18–47.
6. Голоскоков К.П., Чиркова М.Ю. 9.2. Оценка надежности и качества функционирования автоматизированных информационных систем // Аудит и финансовый анализ. Автоматизированные информационные системы. 2018. № 2. С. 419–423.
7. Структурная надежность информационных систем. Методы анализа / И.Б. Шубинский. – М.: «Журнал Надежность», 2012, – 216 с.

УДК 004.82

СОЗДАНИЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ЭКЗЕМПЛЯРОВ ОБЪЕКТОВ В МУЗЫКАЛЬНО-СТРИМИНГОВОЙ ПЛАТФОРМЕ SPOTIFY

Рызыванов В.В., магистрант, rizivanov_vv@edu.surgu.ru
Научный руководитель: Чалей И.В.,
зам. начальника управления информационных технологий ПАО «Сургутнефтегаз»;
д-р техн. наук, профессор СурГУ;
Гимранов Р.Д., начальник управления информационных технологий ПАО
«Сургутнефтегаз»; канд. экон. наук, доцент кафедры ПМ СурГУ

Аннотация. Работа посвящена изучению онтологического моделирования и созданию онтологической модели хранения экземпляров объектов в музыкально-стриминговой платформе Spotify.

Ключевые слова: онтология, моделирование, система хранения данных, музыкально-стриминговая платформа

CREATING AN ONTOLOGICAL MODEL FOR STORING INSTANCES OF OBJECTS IN THE SPOTIFY MUSIC STREAMING PLATFORM

of Department ASOIU,

Ryzyvanov V.V., graduate student, rizivanov_vv@edu.surgu.ru
Scientific supervisor: Chaley I.V.,
deputy Head of Information Technology Department PJSC “Surgutneftegaz”;
Ph.D., Professor, Surgut State University, Surgut, Russia
Gimranov R.D., Head of Information Technology Department PJSC “Surgutneftegaz”;
Ph.D., assistant professor of Department Applied Mathematics,
Surgut State University, Surgut, Russia

Annotation. The work is devoted to the study of ontological modeling and the creation of an ontological model for storing instances of objects in the Spotify music streaming platform.

Keywords: ontology, modeling, data storage system, music streaming platform

Введение. Наше время невозможно представить без информационных систем и технологий. Они вошли во все сферы деятельности человека. Объединяющим элементом информационного мира стала сеть «Интернет», именно она даёт возможность любому человеку получить необходимую для него информацию по различным предметам, отраслям. Существенным фактором является также то, что сеть окружила практически каждую территорию земного шара, позволяет ей воспользоваться, где бы ты ни был. Большой объём информации в каждой области деятельности нуждается в том, чтобы её правильно классифицировать, распространять и сохранять, а также увеличивать её объём.

Для того чтобы осуществить поставленные цели, разрабатываются различные системы и технологии. Для их создания используются различные модели данных, в числе которых можно выделить онтологические. На данный момент они используются достаточно широко, в тех областях деятельности человека, где необходимо выявлять новые данные, связи между уже имеющимися и новыми данными.

Цель работы – анализ функциональности системы Spotify с целью разработки онтологической модели хранения данных.

Поставленная цель требует выполнения следующих задач:

1. Выполнить анализ функциональности системы Spotify;
2. Изучить основные положения онтологического моделирования;
3. Описать систему Spotify;
4. Составить онтологическую модель данных.

Объектом исследования является онтологическое моделирование.

Предметом исследования – использование онтологического моделирования в системе Spotify.

В качестве материалов исследования использовались научные статьи, учебники, учебные пособия, посвященные онтологическому моделированию.

Основной функционал сервиса – поиск и прослушивание музыки. С развитием самого сервиса, были добавлены другие удобные функции.

На данный момент уже существуют аналоги Spotify. Например, Google Music и Youtube Music. Но у Spotify есть список особенностей, которые отличает его от других сервисов. Чтобы быть конкурентоспособной, система должна постоянно улучшаться и развиваться.

Если рассматривать онтологическое моделирование с научной точки зрения, то это процесс создания информационной модели в форме смыслового описания предметной области, соответствующей заданным стандартам области применения. В настоящее время, существуют уже апробированные языки для составления онтологий. Главная цель, которая ставится перед данным моделированием, состоит в более полном описании схем данных применяющихся в создании баз данных.

Для осуществления онтологического моделирования необходимо привлечение группы специалистов той предметной области, по которой будет составляться будущая модель. Они вырабатывают основные составляющие компоненты, которые отражают главные аспекты предметной области. Что в дальнейшем даёт возможность разбить всю модель по графам и делать определённые запросы [1].

Если рассматривать технологию переложения модели в наглядный вид, то это кропотливый и сложный процесс, включающий в себя множество инструментов. Среди данных инструментов выделяются:

- 1) средства обработки естественного языка;
- 2) машинное обучение;
- 3) распознавание образов и объектов.

Итоговым продуктом является онтологическая модель, представляющая сеть объектов, которые взаимосвязаны между собой. Отличительной особенностью данной модели то, что она является самодокументируемой [1].

Преимущества онтологического моделирования [2]:

- 1) все данные, которые не были включены в модель, считаются неизвестными;
- 2) возможны объекты, имеющие не одно, а несколько имён;
- 3) появляется возможность обнаружения новых взаимосвязей между объектами

Недостатки онтологического моделирования [2]:

- 1) модели данного рода могут содержать противоречия, если некорректно составлен запрос;
- 2) многоступенчатые и сложные взаимосвязи, делают вероятность создание слишком большой модели.

Все вышеперечисленное показывает, что задачей онтологического моделирования является построение информационных моделей знаний и работы с ними. Данные модели нашли своё применение во многих отраслях бизнеса, так как позволяют обрабатывать большое количество информации, классифицировать, структурировать, что позволяет сделать её более доступной и понятной.

Структура онтологической модели. Первый из когнитивных процессов, необходимых для построения информационной модели какой-либо области реальности, можно назвать декомпозицией. Он состоит в разделении моделируемого фрагмента реальности на отдельные элементы, которые станут базовыми единицами информационной модели. Во введенной нами терминологии выделяемые элементы реальности называются экстенционалами, а наши представления о них – мысленными образами. В компьютерной модели мы будем отражать именно мысленные образы. Помня об этой разнице, далее для простоты изложения будем называть такие единичные элементы модели просто объектами [1].

Второй шаг в построении концептуальной модели назовем идентификацией объектов. Для того, чтобы думать о каком-то предмете, мы должны его идентифицировать, то есть однозначно обозначить. В общественной жизни идентификаторами служат имена людей, в географии – названия городов и стран, и так далее. Мы не можем осознать процесса идентификации безымянных объектов, таких, как собака и люди на нашей картинке, но, несомненно, в нашем мозгу эти идентификаторы существуют – просто этот процесс является для нас слишком «низкоуровневым» и не поддающимся осмыслению. Итак, первый шаг в составлении модели любой области реальности состоит в ее разделении на объекты, а второй – в идентификации этих объектов [1].

Третьим шагом формального описания модели обычно является классификация – включение каждого объекта в один или несколько классов. Разумеется, чтобы приступить к классификации, необходимо сначала определить сам набор доступных нам классов. Термин «класс» в применении к рассматриваемым в этой статье информационным моделям означает некий символ (информационный сигнал), который используется для общего обозначения какой-либо совокупности объектов [1].

Сам класс соответствует интенционалу (идее), а его идентификатор или название – символу. При помощи этого символа мы обозначаем группу неких индивидуальных объектов, отвечающих идее, или совокупность других понятий (абстрактная идея). В простейшее определение класса не входят ни признаки, по которым мы относим к нему объекты, ни его отношения с другими классами, ни общие характеристики, которыми обладают все члены класса [1].

Модель, состоящая только из классов и индивидуальных объектов, имеет мало практического смысла. Мысленно оперируя объектами, мы приписываем им те или иные свойства, причем правила взаимодействия объектов почти всегда зависят от значений этих свойств. Таким образом, четвертым шагом в построении модели будет выделение свойств объектов [1].



Рис 1. Последовательность создания онтологической модели

Результаты. Для создания собственной онтологической модели был проведен анализ структуры и особенностей онтологической модели.

Стриминговая платформа Spotify

Цель: создание легального сервиса для поиска и прослушивания музыки.

Функции сервиса: основной функционал сервиса – поиск и прослушивание музыки. С

развитием самого сервиса, были добавлены другие удобные функции.

1. Создание плейлиста. Сервис позволяет создать свой плейлист из любимых песен, которые можно создавать в неограниченном количестве.

2. Просмотр плейлистов музыкантов. Вы можете посмотреть, что слушают ваши любимые исполнители и сравнить, насколько у вас схожий музыкальный вкус.

3. Система рекомендаций. Сервис анализирует песни, которые вы добавляете в избранное и начинает вам предлагать песни, схожие по теме или жанру.

4. Возможность синхронизации между разными устройствами: можно слушать музыку с телефона на улице, а дома – продолжить слушать музыку с того момента, где вы остановились.

5. Эквалайзер. Функция позволяет корректировать частоту воспроизводимого звука.

Диалектический анализ

Spotify – система поиска и прослушивания лицензированной музыки.

Основная функция: прослушивание музыки.

Дополнительные функции:

1. Создание плейлистов.
2. Просмотр официальных плейлистов.
3. Просмотр и добавление рекомендованных песен.
4. Поиск музыки.
5. Прослушивание радио.

Многочисленно была составлена составная модель по ТРИЗ (рис 2).



Рис 2. Составная модель

Место системы на S-кривой

На данный момент система находится на 3-ем этапе по S-кривой. Система уже вышла на рынок и используется во многих странах мира. Сейчас, Spotify регулярно обновляется, добавляются новые ресурсы, улучшаются текущие функции и добавляются новые.

Компоненты для КИ.

$$\text{Идеальность} = \frac{\sum \text{Полезные функции}}{\sum \text{Факторы затрат} + \sum \text{Вредные функции}}$$

\sum Полезные функции:

1. Прослушивание музыки.
2. Поиск музыки.
3. Система рекомендаций.
4. Создание плейлистов.
5. Просмотр плейлистов артистов.
6. Радио.

\sum Вредные функции:

1. Постоянный спам.
2. Не всегда понятные обновления.
3. Постоянная реклама.
4. Стоимость подписки.

∑Факторы затрат:

1. Аренда серверов.
2. Покупка лицензии.

Был проведен анализ музыкально-стриминговой платформы Spotify: диалектический анализ, анализ компонентов и технологий, стратификация системы. На основе проведенной работы была создана онтологическая модель (рис 3, 4).

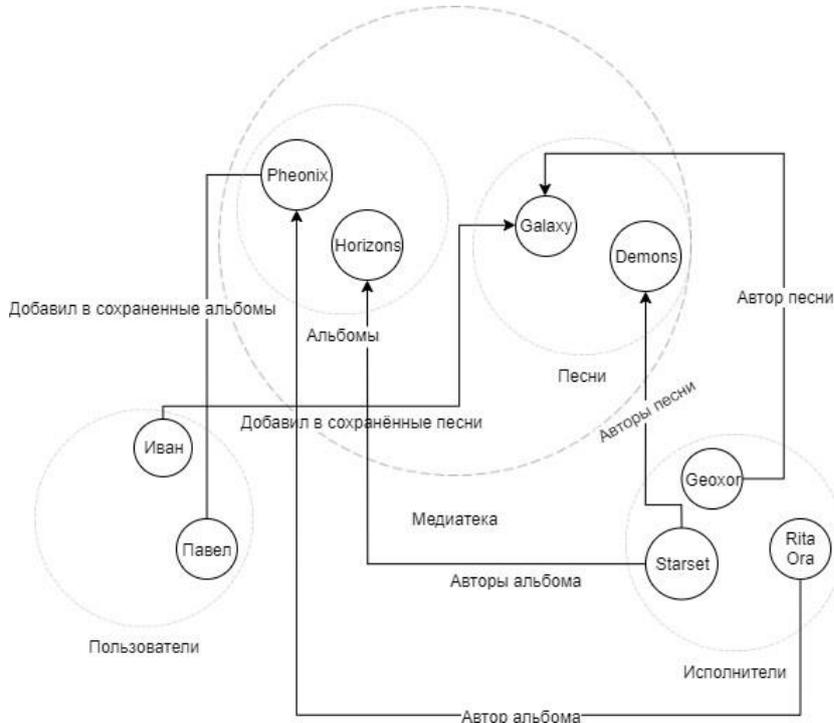


Рис 3. Общая структура модели

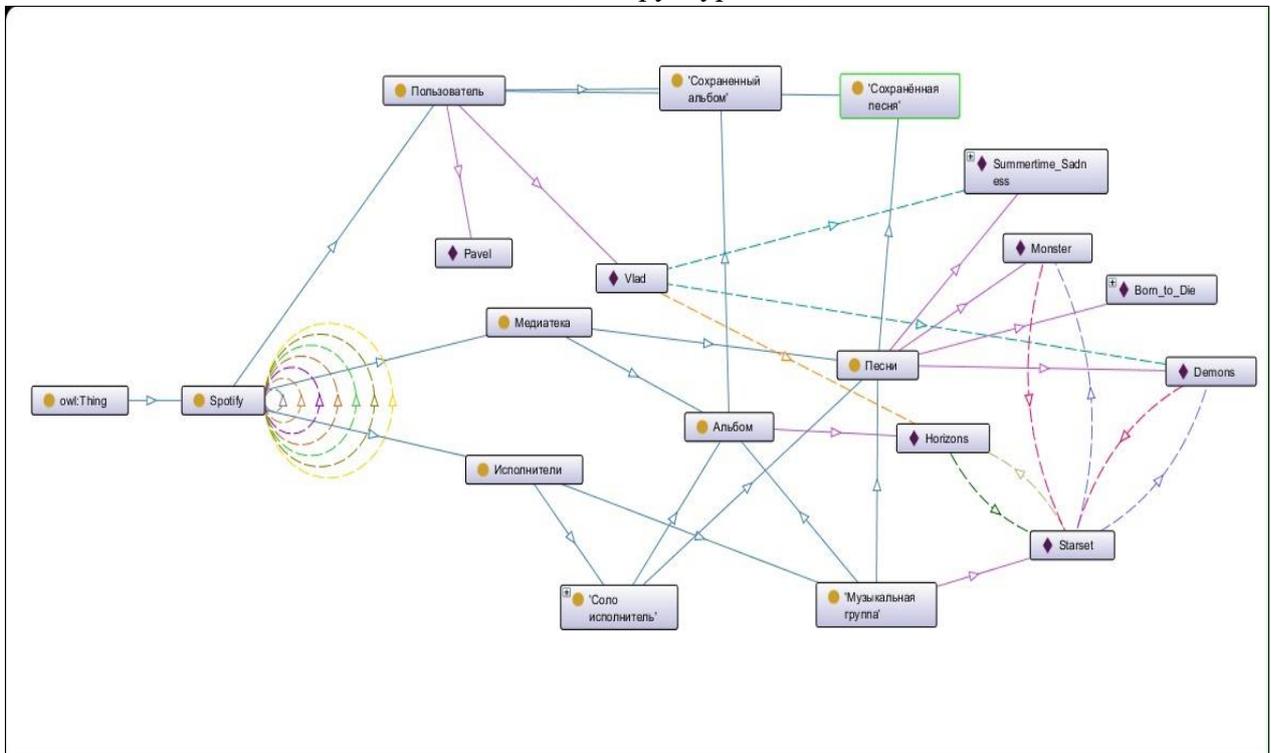


Рис 4. Детализация онтологической модели

Заключение. В данной работе было проведено исследование системы поиска и

прослушивания музыки Spotify и его структуры для составления собственной онтологической модели хранения данных.

Литература:

1. Введение в онтологическое моделирование [Электронный ресурс] // ТриниДата. – Электрон. дан. – Автор С. Горшков. – Режим доступа: <https://trinidata.ru/files/SemanticIntro.pdf>.
2. Совместная работа с онтологической моделью данных [Электронный ресурс] // <https://moluch.ru>. – Электрон. дан. – Автор А. Дементьев. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/69780/>.

УДК 004.052.42

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ СБОРА СЛОВ В СЕМАНТИЧЕСКИ СВЯЗНОЕ ПРЕДЛОЖЕНИЕ

Семенова В.О., магистрант, semenova_vo@bk.ru
ФГАОУ ВО Национальный университет ИТМО, Санкт-Петербург, Россия
Научный руководитель: Семенова Л.Л., ст. преподаватель
кафедры радиоэлектроники и электроэнергетики,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

Аннотация. В работе определяются и рассматриваются основные проблемы, возникающие при разработке системы сбора слов в семантически связанное предложение, такие как зашумленность и разреженность данных, а также разработанные алгоритмы, работающие с зашумленным и/или разреженным текстом. Рассмотрены классические алгоритмы обработки, такие как латентное размещение Дирихле (LDA), коррелированная тематическая модель, латентно-семантический анализ (LSA) и вероятностный латентно-семантический анализ (pLSA), определена и обоснована их неэффективность при работе в пределах одного предложения, выдвинуты гипотезы преодоления данной проблемы, а также метод причинно-следственных графов и общая семантическая тематическая модель, для которых выделена и обоснована причина неполного соответствия предлагаемого решения с требуемым по начальной задаче. Рассмотрены основные пути дальнейшей разработки системы с учетом выявленных проблем.

Ключевые слова: NLP, обработка естественного языка, зашумленность текста, разреженность текста, машинное обучение

THE MAIN PROBLEMS OF DEVELOPING A SYSTEM FOR COLLECTING WORDS INTO A SEMANTICALLY RELATED OFFER

Semenova V.O., graduate student, semenova_vo@bk.ru
ITMO University, Saint Petersburg, Russia
Scientific supervisor: Semenova L.L., senior lector
of Department Radio Electronics and Power Engineering,
Surgut State University, Surgut, Russia

Annotation. The paper identifies and discusses the main problems that arise when developing a system for collecting words into a semantically coherent sentence, such as noisy and sparse data, as well as developed algorithms that work with noisy and/or sparse text. Classical processing algorithms such as Latent Dirichlet Allocation (LDA), Correlated Topic Model, Latent Semantic Analysis (LSA) and Probabilistic Latent Semantic Analysis (pLSA) are considered, their inefficiency when working within a single sentence is determined and substantiated, hypotheses are put forward to overcome of this problem, as well as the method of Cause-and-effect graphs and the General semantic thematic model, for which the reason for the incomplete correspondence of the proposed solution with the required one for the initial problem is identified and justified. The main ways of further development of the system, taking into account the identified problems, are considered.

Keywords: NLP, natural language processing, text noisiness, text sparseness, machine learning

Введение. Разрабатываемая система сбора слов в семантически связанное предложение являет собой вторую ступень разработки модуля программного обеспечения переводчика слов жестового языка в звуковой формат [1]. По итогу прошлого этапа система была способна распознать и

перевести жестовое слово в текстовый формат, но при этом каждое выводимое слово представлялось в начальной форме, что делало невозможным составление из их предложения, которое будет достаточно легко восприниматься и пониматься слушающим собеседником при поддержании повседневного диалога с неговорящим человеком. Таким образом, очевидна потребность в расширении функционала модуля путем внедрения в него системы, способной собрать семантически связное предложение из поступивших на нее слов в начальной форме.

Также, поскольку общий спроектированный цикл работы устройства предполагает, в том числе, улавливание ответа в виде записи естественной речи человека и преобразование ее в текстовый формат, допустима возможность применять разрабатываемую систему в том числе для обработки текстовой записи речи перед ее демонстрацией пользователю с целью повышения качества и связности итогового текста.

В повседневном общении в случае отдельных фраз, составляющих диалог, можно наблюдать уменьшение среднего количества знаков в среднем тексте по сравнению со средним объемом текста, на обработку которого направлены стандартные методы, что серьезно ухудшает их работоспособность и показатели эффективности, в ряде случаев, до критически низких значений. Также происходит отход от официальных строгих стилей изложения в пользу более бытовых и разговорных, включающих большое количество разнообразных междометий, которые серьезно усложняют работу систем, обрабатывающих эти текстовые массивы, и также негативно сказываются на итоговой эффективности. Предполагаемое использование устройства в повседневной жизни также вносит шумовое загрязнение в итоговый текст.

Эти проблемы затрудняют не только анализ текстов и поиск информации, но и делают практически невозможным обобщение текстов с уменьшением их объема без потери смысла, что является важным процессом для адекватного вывода речевого отклика в виде текстового сообщения, так как сам ответ может содержать как избыток информации, которую можно удалить, не влияя на конечную смысловую нагрузку, так и вообще бессмысленные слова, засоряющие текст, например, междометия и повторы.

Вариант решения. Наиболее очевидной проблемой, которую необходимо решать во время разработки любой системы, нацеленной на обработку текстовых данных, является зашумленность поступающего на обработку текста. Причины появления шума в рамках решаемой задачи варьируются от посторонних случайно записанных шумов до некорректной работы системы перевода жестовых слов.

Для каждой из рассматриваемых частей основными причинами снижения эффективности работы системы и/или являющимися ключевыми для разработки деталями можно считать следующие:

- для сбора слов в предложение:
 - отдельные слова при переводе находятся в начальной форме;
 - перевод случайных жестов/некорректный перевод;
 - двойной перевод одного и того же жеста;
- для обработки текстовой речи:
 - бессмысленные слова (междометия, повторы и т.п.);
 - посторонние шумы.

Исходя из вышеперечисленного, на данном этапе возможно сформулировать следующие задачи, лежащие в основе разработки системы:

- глобальная:
 - снижение зашумленности текста;
- частная:
 - задание словам правильной грамматической формы для построения семантически связного предложения.

Глобальная задача успешно решается существующими методами, потому был проведен теоретический анализ с целью определения их эффективности при работе с текстом в рамках поставленной задачи. Были рассмотрены такие классические метод обработки текста как

латентное размещение Дирихле (LDA), коррелированная тематическая модель, латентно-семантический анализ (LSA) и вероятностный латентно-семантический анализ (pLSA).

Латентное размещение Дирихле (LDA)

Данный метод был разработан Дэвидом Блей, Эндрю Нг и Майклом И. Джорданом в 2003 году и представляет собой порождающую статистическую модель, один из методов тематического моделирования [2]. Основной идеей метода является объяснение результатов наблюдений с помощью неявных групп, благодаря чему возможно выявление причин сходства некоторых частей данных, в частности, если наблюдениями являются слова, собранные в документы, утверждается, что каждый документ представляет собой смесь небольшого количества тем и что появление каждого слова связано с одной из тем документа. Такие наблюдения собираются в документы, и присутствие каждого слова относится к одной из тем документа.

Коррелированная тематическая модель

Данный подход основан на идее взаимосвязи между скрытыми темами в коллекции документов и моделирует слова каждого документа из модели смешения, при этом компоненты смеси являются общими для всех документов в коллекции; пропорции смеси являются случайными величинами, характерными для каждого отдельного документа. Основан Дэвидом Блейем и Дж. Д. Лафферти в 2007 году на более раннем LDA, но являет собой иерархическую модель и имеет более гибкое нормальное распределение, которое дает более реалистичную модель структуры скрытой темы, в которой присутствие одной скрытой темы может быть связано с присутствием другой [3].

Латентно-семантический анализ (LSA)

Основанный на идее гипотезы распределения, то есть предположения, что слова, близкие по значению, встречаются в похожих фрагментах текста, и линейной алгебре, данный метод, впервые предложенный Скоттом Дирвестером, Сьюзан Дюме, Джорджем Фернасом, Ричардом Харшманом, Томасом Ландауэром, Карен Лохбаум и Линн Стритер в 1988 году [4], создает матрицу из большого фрагмента текста, содержащую количество слов в документе, где строки представляют уникальные слова, а столбцы представляют каждый документ. Затем документы сравниваются по косинусному сходству между любыми двумя столбцами. Значения, близкие к 1, представляют очень похожие документы, а значения, близкие к 0, представляют очень разные документы.

Вероятностный латентно-семантический анализ (pLSA)

Является дальнейшим развитием LSA, имеет прочную основу в области статистики за счет базирования на смешанном разложении, берущим своё начало из модели скрытых классов, данный статистический метод анализа корреляции двух типов данных был разработан Томасом Хофманном в 1999 году [5].

При анализе данных методов была выявлена проблема, существование которой сделало использование этих методов невозможным. Ориентированные на работу с текстом объемом не менее 100-150 слов, они показали крайне низкую эффективность при обработке отдельных предложений, состоящих из 15-20 слов. Подобное снижение обусловлено тем, что данным методам требуется определённый минимальный объем для вычисления контекста, который меньше среднего объема среднего текста в решаемой задаче. Таким образом, можно сформулировать вторую основную проблему, встающую при разработке системы сбора слов – разреженность текста, порожденная нехваткой объема текста для определения контекстной области.

Рассматривалось два пути решения данной проблемы:

- создание модуля, «подгоняющего» текст под требования методов;
- данный путь предполагает разработку дополнительного модуля, способного искусственно увеличить объем и/или контекстную нагрузку обрабатываемого текста. Такой подход наиболее простой в разработке, но существенным недостатком являются ожидаемые потери начального смысла текстового сообщения и резкое увеличение зашумленности данных за счет дополнительного объема, требуемого только в момент распознавания контекста.

– разработка или доработка метода, изначально ориентированного на отдельные предложения;

– данный путь предполагает уход от рассмотренных методов в пользу разработки собственного, изначально основанного на алгоритмах, подходящих для обработки коротких текстов. Явным достоинством такого варианта является возможность одновременно решать, как проблему разреженности текста через снижение минимального объема, так и проблему зашумленности и имплементации разработанного модуля в уже существующую систему перевода. Тем не менее, этот подход более трудоемкий и ресурсозатратный за счет более масштабного и комплексного процесса разработки.

По итогам анализа и сравнения предложенных путей был выбран путь самостоятельной разработки системы. В целях исследования и анализа существующих методов, ориентированных на обработку коротких текстов, с целью конкретизации основных требований к разработке и определения ее перспектив были рассмотрены метод причинно-следственных графов и общая семантическая тематическая модель (CSTM).

Метод причинно-следственных графов

Данный метод, предложенный К. Пуэнте, А. Собрино, Дж.А. Оливасом и Э. Гарридо в 2018 г., фокусируется на причинно-следственных связях и имеет три основных шага для обобщения информации:

- первый шаг ориентирован на извлечение, фильтрацию и отбор тех каузальных предложений, которые могли бы иметь релевантную для системы информацию;
- второй шаг ориентирован на составление подходящего причинного графа;
- третий шаг представляет собой процедуру, способную прочесть причинный граф, чтобы составить подходящий ответ на предложенный причинный вопрос путем суммирования содержащейся в нем информации [6].

Общая семантическая тематическая модель (CSTM)

Основная идея метода, построенного на основе смешанной модели униграмм Симингом Ли, Юэ Ван, Анг Чжан, Чанчунь Ли, Цзиньджинм Чи и Цзихонгом Оуян в 2018 г., состоит в том, чтобы уловить фоновые шумовые слова, введя новый тип темы, а именно общую тему [7]. Предполагает, что каждый краткий текст представляет собой смесь выбранной функциональной темы и всех общих тем. Общие темы состояются из фоновых и шумовых слов, а затем помогают отфильтровать их. Данный метод ориентирован на тексты объемом до 150 символов, поскольку разрабатывался для анализа постов в Твиттер.

В результате анализа выявлены существенные недостатки каждого из двух методов:

- метод причинно-следственных графов работает только с причинно-следственными предложениями, что не позволяет использовать его для обработки повседневной речи. Доработка метода с целью расширения функционала на все типы предложения возможна, но, по предварительным оценкам, может потребовать изменение базовой архитектуры метода;

- CSTM может определять и отсеивать только ограниченное число фоновых и шумовых слов, по большей части выраженных звукоподражательными междометиями. Возможна усовершенствование глубины понимания контекста с целью расширения спектра слов, опознаваемых как шумовые, к примеру, повторов и случайно переведенных слов.

Выводы. В ходе теоретического исследования было выявлено, что основными проблемами, возникающими при использовании стандартных методов обработки текста на текстах небольшой длины в разговорном стиле, являются зашумленность сообщения, вызванная использованием междометий и жаргонизмов, а также разреженность данных, на которую влияет низкий коэффициент языкового разнообразия, порожденный малым объемом текста.

В работе рассматриваются разработанные алгоритмы, работающие с зашумленным и/или разреженным текстом и позволяющие применять стандартные алгоритмы для их дальнейшей обработки, такие как латентное размещение Дирихле (LDA), коррелированная тематическая модель, латентно-семантический анализ (LSA) и вероятностный латентно-семантический анализ (pLSA).

Также рассматривается возможность обхода этих проблем за счет использования метода, изначально ориентированного на суммирование небольших текстов на основе каузальных графов и каузальных предложений. Возможна доработка метода CSTM с добавлением более глубокого понимания контекста для отсеивания, в том числе, повторений и случайных слов, а также доработка метода причинных графов с целью работы со всеми типами предложений.

В ходе работы был сделан вывод, что, поскольку обработка коротких текстов, в том числе и отдельных предложений, согласно теоретическому исследованию, в первую очередь будет заключаться в преодолении зашумленности текста и недостатка информации для определения контекстуальной области, следует уделять больше внимания именно решению этих проблем и/или поиску и разработке метода, который изначально направлен на решение исходной проблемы и обходит эти проблемы стороной в процессе.

Литература:

1. Семенова В.О., Семенова Л.Л. Разработка модуля программного обеспечения переводчика слов жестового языка в звуковой формат. Вестник кибернетики. 2022; (1 (45)): 46–54. doi: 10.34822/1999-7604-2022-1-46-54
2. Blei D.M. et al. Latent Dirichlet allocation. *J. Mach. Learn. Res.* 2003.
3. Blei D.M. et al. A correlated topic model for science. *Ann. Appl. Stat.* 2007.
4. Deerwester S., Dumais S.T., Furnas G.W., Landauer T.K. and Harshman R. Indexing by latent semantic analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 1990.
5. Deerwester S., Dumais S.T., Furnas G.W., Landauer T.K. and Harshman R. Indexing by latent semantic analysis, 1990; *Journal of the American Society for Information Science*.
6. Puente C. et al. Summarizing information by means of causal sentences through causal graphs. *Journal of Applied Logic*, 2016; (24 (2017)): 3–14.
7. Liab X., Wangab Y., Zhangab A., Liab Ch., Chiab J., Ouyang J. Filtering out the noise in short text topic modeling. *Information Sciences Volume*, 2018; (456 (2018)): 83–96.

УДК 004.85

ОСОБЕННОСТИ ЗАДАЧИ ИДЕНТИФИКАЦИИ В ОБЩЕМ ВИДЕ УРАВНЕНИЙ ПО ИХ ГРАФИЧЕСКОМУ ОБРАЗУ ГЛУБОКИМИ НЕЙРОННЫМИ СЕТЯМИ

Смородинов А.Д.,

*инженер, Сургутский филиал ФГУ «ФНЦ НИИСИ РАН»;
аспирант кафедры прикладной математики,
Сургутский государственный университет,
Sachenka_1998@mail.ru*

Рассадин А.А.,

*инженер, Сургутский филиал ФГУ «ФНЦ НИИСИ РАН»,
студент бакалавриата, Сургутский государственный университет,
rassadin_aa@edu.surgu.ru*

*Научный руководитель: Галкин В.А., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры ПМ
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы идентификации графиков по их графическому образу с использованием сверточных нейронных сетей. Представляются результаты обучения и применения обученной нейронной сети для распознавания графиков функций на 29 классов.

Ключевые слова: искусственные нейронные сети, машинное обучение, глубокие нейронные сети, сверточные нейронные сети, распознавание образов

FEATURES OF THE PROBLEM OF IDENTIFICATION IN THE GENERAL FORM OF EQUATIONS ACCORDING TO THEIR GRAPHICAL IMAGE BY DEEP NEURAL NETWORKS

Smorodinov A.D.,

*engineer, Surgut branch of SRISA; graduate,
Department Applied Mathematics, Surgut State University;
Sachenka_1998@mail.ru;*

Rassadin A.A.,

*engineer, Surgut branch of SRISA;
undergraduate student, Surgut State University, rassadin_aa@edu.surgu.ru;*

*Scientific supervisor: Galkin V.A.,
Ph.D., Professor of Department Applied Mathematics,
Surgut State University, Surgut, Russia*

Annotation. The article deals with the identification of graphs by their graphical image, using convolutional neural networks. The results of training and the application of a trained neural network for recognizing graphs of functions for 29 classes are presented.

Keywords: Artificial neural networks, Machine learning, Deep neural networks, Convolutional neural networks, Pattern recognition

Введение. Использование сверточных нейронных сетей для распознавания образов на изображениях является современным трендом. Так, например, в [1] автор описывает применение искусственных нейронных сетей (ИНС) для распознавания кошек и собак на изображениях. В [2] автор использует тот же подход для выделения и распознавания автомобильных номеров на

изображениях со сложным фоном. Авторы данной статьи задаются вопросом, можно ли применить данный подход для распознавания графиков функций на несколько заранее известных классов.

Обучающая выборка и описание ИНС. Первым этапом работы по обучению сверточной нейронной сети для распознавания функций на изображениях является подготовка обучающих данных. Данный этап является главным при любом использовании ИНС. От того, насколько качественно будет произведена подготовка данных, зависит точность обучения сети, поэтому для решения данной задачи была написана программа-генератор, которая по заданным правилам формирует изображения с графиками для обучения.

В рамках данной работы было сформировано 29 классов графиков, которые нейронная сеть будет учиться распознавать. Ключевым моментом при составлении классов было визуальное отличие графиков друг от друга (таблица 1). Представлен список классов функций, которые ИНС обучалась определять. Функции разбивались на классы в зависимости не только от вида уравнения, но и от значения коэффициентов, т.к. они имеют существенное влияние на вид функции. Так, например, классы 1 и 2 задаются одним и тем же уравнением параболы, но, т.к. при различных коэффициентах a меняется направление ветвей параболы, уравнение было разбито на два класса: 1 класс – ветви параболы направлены вверх, 2 класс – ветви параболы направлены вниз. Аналогичным образом были разбиты все остальные уравнения, в которых какой-либо коэффициент влияет на вид графика функции.

Табл. 1. Список функций

Класс для НС	Формула для генерации графиков	Значения коэффициентов
0	$y = kx + b$	$k, b \in R$
1	$y = ax^2 + bx + c$	$a > 0; b, c \in R$
2	$y = ax^2 + bx + c$	$a < 0; b, c \in R$
3	$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$	$a < 0; b, c, d \in R$
4	$y = ax^3 + bx^2 + cx + d$	$a > 0; b, c, d \in R$
5	$y = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$	$a > 0; b, c, d, e \in R$
6	$y = ax^4 + bx^3 + cx^2 + dx + e$	$a < 0; b, c, d, e \in R$
7	$y = \frac{k}{x-a} + b$	$a, b \in R, k > 0$
8	$y = \frac{k}{x-a} + b$	$a, b \in R, k < 0$
9	$y = c * x - k + b$	$k, b \in R$ $c > 0$
10	$y = c * x - k + b$	$k, b \in R$ $c < 0$
11	$y = b * x - a $	$a > 0, b > 0$
12	$y = b * x - a $	$a > 0, b < 0$
13	$y = \frac{k}{ x-a - c} + b$	$a, b \in R, k > 0, c > 0$
14	$y = \frac{k}{ x-a - c} + b$	$a, b \in R, k > 0, c < 0$
15	$y = \frac{k}{ x-a - c} + b$	$a, b \in R, k < 0, c > 0$
16	$y = \frac{k}{ x-a - c} + b$	$a, b \in R, k < 0, c < 0$
17	$y = \frac{k}{ x-a } + b$	$a, b \in R, k > 0$
18	$y = \frac{k}{ x-a } + b$	$a, b \in R, k < 0$
19	$y = \left \frac{k}{x} - a \right $	$a \in R, k > 0$

20	$y = \left \frac{k}{x} - a \right $	$a \in R, k < 0$
21	$y = k x - b + ax + c$	$k > 0, a > 0$ $b, c \in R$
22	$y = k x - b + ax + c$	$k > 0, a < 0$ $b, c \in R$
23	$y = k x - b + ax + c$	$k < 0, a > 0$ $b, c \in R$
24	$y = k x - b + ax + c$	$k < 0, a < 0$ $b, c \in R$
25	$y = k * x * x - a + b$	$b \in R, k > 0, a > 0$
26	$y = k * x * x - a + b$	$b \in R, k < 0, a > 0$
27	$y = \frac{k x - b}{x}$	$b \in R, k > 0$
28	$y = \frac{k x - b}{x}$	$b \in R, k < 0$

Далее необходимо было определить, какие элементы будут находиться на изображениях, кроме самих графиков функций. В ходе изучения различных способов построения графиков было выявлено, что при использовании различных библиотек для построения графиков оси координаты, подписи, легенды и прочие дополнительные элементы изображения будут отличаться друг от друга. Поэтому для универсализации ИНС, которая будет получена в результате обучения, на изображении убиралась ось координат, подписи, легенды и т.д. Выбран размер изображения 640 на 480 пикселей, т.к. при уменьшении размера уменьшается детализация графика, а при увеличении изображения придется существенно увеличивать ИНС, что приведет к увеличению времени обучения сети и используемых вычислительных мощностей. Сам график рисовался точками с некоторым шагом. Пример одного изображения для определения класса представлен на рисунке 1.

После этого необходимо было определиться с количеством обучающих данных для каждого класса. В ходе тестов было определено, что для каждого класса необходимо генерировать 1000 тренировочных изображений, 100 тестовых и 100 контрольных графиков.



Рис. 1. График 25 класса для ИНС

Реализация искусственной нейронной сети. Для реализации ИНС была использована библиотека keras. Данная библиотека была выбрана после проведения анализа распространенных библиотек для реализации нейронных сетей. Результат анализа представлен в табл. 2.

Табл. 2. Сравнение библиотек для реализации нейронных сетей

№	Название библиотеки	Количество документации	Возможность мониторинга обучения	Обучение с использованием GPU	Сложность создания и изменения НС
1	Theano	Отсутствует подробная русскоязычная документация	Да	Да	Средняя
2	TensorFlow	Подробная русскоязычная документация	Да	Да	Высокая
3	PyTorch	Отсутствует подробная русскоязычная документация	Нет	Да	Средняя
4	CNTK	Отсутствует подробная русскоязычная документация	Да	Да	Средняя
5	Keras	Подробная русскоязычная документация	Да	Да	Низкая

Keras – это библиотека для глубокого обучения, созданная Франсуа Шолле, которая представляет собой высокоуровневый интерфейс, разработанный на Python 3, позволяющий работать поверх других библиотек: TensorFlow, Theano и CNTK. Данная библиотека разрабатывалась с оглядкой на быстрое обучение. Keras выгодно использовать в ситуациях, когда необходимо распознать изображение или речь. Также у нее есть много плюсов и отсутствуют серьезные минусы.

Достоинства:

1. Очень быстрое и простое прототипирование.
2. Полностью конфигурируемые слои.
3. Простой и интуитивно понятный интерфейс.
4. Встроенная поддержка обучения нейронной сети на нескольких GPU.
5. Поддерживает любые GPU (от AMD, Nvidia и TPU от Google).

Недостатки:

1. Слишком высокоуровневый.
2. Ограничен TensorFlow, CNTK и Teano.

Структура искусственной нейронной сети. Для распознавания и классификации изображений необходимо использовать сверточные нейронные сети [3]. Структура нейронной сети была определена в ходе проведения ряда вычислительных экспериментов. Для минимизации времени обучения и необходимых вычислительных мощностей использовалась ИНС, состоящая из 5 сверточных нейронных сетей, где на первом слое было 32 нейрона, на втором 128 и т.д., на пятом слое было 512 нейронов. После сверточных слоев шёл специальный слой flatten, задача которого связать сверточные слои с полносвязными, которых потребовалось два. На первом таком слое было 256 нейронов, а на крайнем полносвязном, который был выходным слоем, – 29 нейронов. На выходном слое в качестве функции активации использовалась функция softmax, она была выбрана ввиду рекомендаций по обучению ИНС из [4].

Softmax – это обобщение логистической функции для многомерного случая. С помощью данной функции можно выполнить преобразования вектора \bar{x} размерности N в вектор \bar{x}' такой же

размерности, но в данном случае каждая координата нового вектора является вещественным числом в промежутке от 0 до 1, сумма же всех координат равняется 1.

$$\text{Softmax}(\bar{x}) = \frac{e^{x_i}}{\sum_{j=1}^J e^{x_j}}, i = 1, \dots, J \quad (1)$$

На остальных слоях использовалась функция активации relu – линейный выпрямитель с утечкой [5] [6].

$$\text{Relu}(x) = \begin{cases} ax & x < 0 \\ x & x \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

а принимает значение [1, 0], если $a = 0$, то данная функция является линейным выпрямителем без утечки.

В качестве функции оптимизации использовалась функция RMSprop [7] – модификация функции adagrad, в которой для обновления весов используется не полная сумма обновлений, а усреднённый по истории квадрат градиента.

Функцией потерь (целевой функцией оптимизации) была выбрана Categorical crossentropy (CCE) – категориальная перекрестная энтропия.

Формула данной функции:

$$-\sum_i^p (x_i * \log(y_i)) \quad (3)$$

Результаты обучения. Количество эпох обучения и скорость обучения настраивались автоматически в зависимости от результатов обучения на предыдущей эпохе [8-9]. Начальная скорость обучения составляла $10e - 3$. Для обучения потребовалось 13 эпох и 3 изменения скорости обучения, после чего обучение автоматически остановилось. На крайней эпохе потери составили $3.2885e-11$ на этапе обучения и 0.0150 на этапе валидации для контрольного набора данных.

После обучения ИНС была использована для проверки точности обучения на тестовой выборке. Данные изображения не использовались для обучения или валидации искусственной нейронной сети. Эти данные использовались только для тестирования уже обученной сети. В ходе анализа результатов тестирования было выявлено, что из 2900 данных, использованных для проверки эффективности обучения, ИНС неверно классифицировала только 3 изображения, графики этих функций представлены на рис. 2.

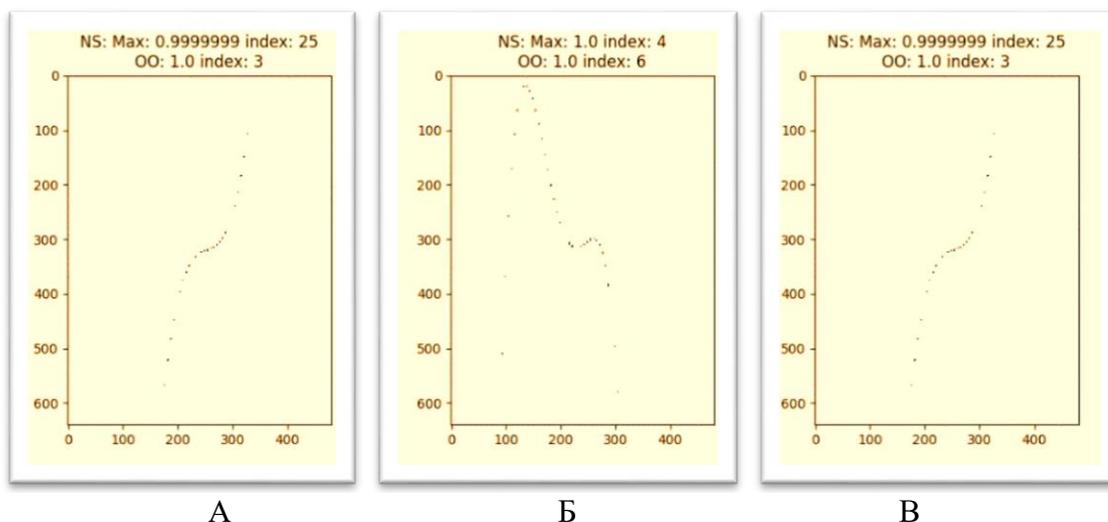


Рис. 2. Изображения, которые неверно были определены ИНС для 25 и 3 класса функций

Как видно из результатов проверки обученной ИНС, сеть способна с точностью 99.9 %

верно определять класс функции по ее графическому образу.

Вывод. Результаты обучения ИНС для идентификации уравнения по их графическому образу позволяют предположить, что сверточные нейронные сети можно использовать для определения не только реальных физических объектов, но и математических объектов. В дальнейшем будет увеличено количество классов функций, на которых будет учиться ИНС, сначала до 100, а потом и до 1000 классов функций, что в теории позволит пользоваться данной сетью для различных прикладных задач. Например, такой подход может быть использован для первичного определения типа функции для задач аппроксимации или интерполяции.

Литература:

1. Пальмина К.С. Распознавание образов с использованием Tensorflow // Современная наука: Актуальные вопросы, достижения и инновации: Сб. ст. XV Международной научно-практической конференции, Пенза, 05 сентября 2020 г. – Пенза: Наука и Просвещение, 2020. – С. 81–85. – EDN RVOJXF.
2. Друки А.А. Применение сверточных нейронных сетей для выделения и распознавания автомобильных номерных знаков на изображениях со сложным фоном // Известия ТПУ. 2014. №5. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-svertochnyh-neyronnyh-setey-dlya-vydeleniya-i-raspoznaniya-avtomobilnyh-nomernyh-znakov-na-izobrazheniyah-so-slozhnym> (дата обращения: 02.02.2023).
3. Гудфеллоу Я., Бунджио И., Курвиль А. Глубокое обучение / Пер. с англ. А.А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.
4. Шолле Франсуа Глубокое обучение на python3. – СПб.: Питер, 2018. – 400 с.
5. Vinod Nair, Geoffrey E. Hinton. Rectified Linear Units Improve Restricted Boltzmann Machines // 27th International Conference on International Conference on Machine Learning. – USA: Omnipress, 2010. С. 807–814.
6. Andrew L. Maas, Awni Y. Hannun, Andrew Y. Ng. Rectifier nonlinearities improve neural network acoustic models // Proc. ICML. – 2013. – Июнь (т. 30, вып. 1).
7. Tieleman, Tijmen and Hinton, Geoffrey (2012). Lecture 6.5-rmsprop: Divide the gradient by a running average of its recent magnitude. COURSERA: Neural Networks for Machine Learning.
8. Смородинов А.Д. Автоматизированное конструирование нейронных сетей для задач математического моделирования // Наука и инновации XXI в.: Сб. ст. по м-лам VII Всероссийской конференции молодых ученых: В 2 т. Сургут, 30 октября 2020 г. Т. I. – Сургут: Сургутский государственный университет, 2021. С. 31–34. – EDN КТООРА.
9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023611413 Российская Федерация. Автоматизированная система конструирования нейронных сетей: № 2022680250: заявл. 26.10.2022: опубл. 19.01.2023 / А.Д. Смородинов, Т.В. Гавриленко, Н.Р. Урманцева. – EDN AWFDR.

УДК 004.021

СПЕКТРАЛЬНАЯ ОБРАБОТКА АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ ФИЗИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ МАГИСТРАЛЬНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Романовский М.В., аспирант, noiremagnus@gmail.com
Научный руководитель: Солдатов А.И., д-р техн. наук, профессор,
Томский политехнический университет, Томск, Россия

Аннотация. В статье рассмотрен метод спектрального анализа акустических сигналов и распознавания источника звука от несанкционированных действий по отношению к магистральным трубопроводам нефтегазовой отрасли. Наиболее перспективной системой физической защиты рассмотрена схема с акустическим датчиком, системой анализа сигнала и оптико-электронной системой распознавания для подтверждения регистрации несанкционированного действия. Данная схема представлена следующим алгоритмом: регистрация несанкционированного действия акустическим датчиком; анализ и обработка сигнала; сравнение с базой данных акустических сигналов для определения вида события; подтверждение события оптико-электронной системой; передача данных о несанкционированном действии в пункт службы безопасности.

Обработка и анализ акустического сигнала основан на методе прямого преобразования Фурье для перевода временной функции сигнала в частотный спектр. Такое решение позволит модернизировать систему физической защиты линейных производственных объектов, таких как магистральный трубопровод и сократить ложные срабатывания системы безопасности.

Ключевые слова: система физической защиты, магистральный трубопровод, акустический датчик, преобразование Фурье, частотный спектр сигнала, акустический сигнал

SPECTRAL PROCESSING OF ACOUSTIC SIGNAL IN THE PHYSICAL PROTECTION SYSTEMS OF MAIN PIPELINES

Romanovskiy M.V., graduate, noiremagnus@gmail.com
Scientific supervisor: Soldatov A.I., Ph.D., Professor of Department Control System
and Radio Electronics, Tomsk State University, Tomsk, Russia

Annotation. The article considers the method of spectral analysis of acoustic signals and recognition of the sound source from unauthorized actions in relation to the main pipelines of the oil and gas industry. The most promising system of physical protection is a circuit with an acoustic sensor, a signal analysis system and an optoelectronic recognition system to confirm the registration of an unauthorized action. This scheme is represented by the following algorithm: registration of an unauthorized action by an acoustic sensor; signal analysis and processing; comparison with a database of acoustic signals to determine the type of event; confirmation of the event by an optoelectronic system; transmission of data about an unauthorized action to a security service point.

Processing and analysis of the acoustic signal is based on the method of direct Fourier transform to translate the time function of the signal into the frequency spectrum. Such a solution will allow to modernize the system of physical protection of linear production facilities, such as the main pipeline and reduce false alarms of the security system.

Keywords: physical protection system, main pipeline, acoustic sensor, Fourier transform, signal frequency spectrum, acoustic signal

Введение. Вопрос безопасности протяженных производственных объектов всегда стоял

довольно остро, так как такие объекты достаточно дорого и сложно охранять и, как правило, они являются критически важными объектами, нарушение или прекращение функционирования которых может привести к экономическим потерям государства или его субъекта. Одним из таких объектов является магистральный трубопровод нефтегазовой промышленности, протяженность которого составляет на данный момент свыше 250 тыс. км. [1]. Такие объекты наиболее уязвимы с точки зрения несанкционированных действий со стороны населения, а также преступных группировок. Наибольшей угрозой являются незаконные врезки в целях хищения углеводородных продуктов. Данный вид преступной деятельности несёт как экономические потери, так и экологический урон окружающей среде.

Для обеспечения безопасности подобных объектов существует система физической защиты, имеющая в своей совокупности технические, инженерные, правовые и организационные составляющие, направленные на защиту интересов и ресурсов предприятия и пресечения несанкционированных действий. Для протяженных охраняемых объектов в составе технических средств физической защиты применяется множество датчиков для контроля сохранности объектов и идентификации угроз в случае несанкционированных действий, в том числе и акустические датчики либо на всей протяженности объекта, либо локально, где вероятность несанкционированного действия выше. Но сейчас, такие датчики не способны обработать акустический сигнал и идентифицировать вид угрозы, а только могут зарегистрировать входной сигнал, в виде громкого звука и передать в систему безопасности сам факт события [2].

В данной работе предлагается метод оптимизации системы физической защиты протяженных уязвимых объектов на примере магистрального трубопровода с помощью повышения эффективности работы акустического датчика и введения алгоритма обработки зарегистрированного сигнала звука для последующего сопоставления с акустическими сигналами из базы данных.

Спектральный анализ оцифрованных звуков применяется во многих сферах жизнедеятельности государства, предприятий и каждого человека. В пример можно привести определение посторонних шумов у механизмов на производстве, обработка музыкального произведения или системы распознавания по голосу. Так как темпы роста производительности электронно-вычислительных машин набирают обороты, появляется возможность производить сложные и трудоемкие математические вычисления на портативном устройстве небольших размеров [3].

Для анализа и идентификации акустического сигнала используется так называемый метод аудио фингерпринтинга (Acoustic fingerprinting) или акустического отпечатка пальца – это метод, который используется для идентификации и классификации аудиозаписей. Представляет собой краткую цифровую сводку, созданную на основе аудиосигнала с использованием детерминированного алгоритма, который может быть использован для идентификации и быстрого поиска похожих элементов в базе данных аудио. Этот метод используется в различных приложениях, включая музыкальные сервисы потоковой передачи, системы распознавания голоса и аудиорекламу. Он также может быть использован в качестве инструмента для обнаружения искажений и звуковых аномалий, или в нашем случае, идентификации вида угрозы несанкционированного действия на магистральном трубопроводе [4].

Метод аудио фингерпринтинга основан на анализе уникальных характеристик звуковых сигналов, которые могут быть использованы для создания уникального отпечатка для каждой записи. Для создания отпечатка пальца аудиофайла используется алгоритм, который работает на основе быстрого преобразования Фурье (БПФ), которое разбивает аудиозапись на небольшие фрагменты. Затем для каждого фрагмента алгоритм определяет частоты и уровень громкости, а также создает хэш-функцию, которая идентифицирует этот фрагмент. Таким образом, создается набор хэшей, который представляет собой уникальный отпечаток пальца аудиофайла. Сравнение отпечатков пальцев осуществляется путем сопоставления наборов хэшей для каждой записи. Если два набора хэшей совпадают в достаточном количестве, то это означает, что записи, вероятно, являются одинаковыми. Одним из преимуществ аудио фингерпринтинга является то, что он

позволяет быстро и точно идентифицировать аудиозаписи, даже если они были изменены или сжаты [5].

Результаты исследования будут реализованы в виде системы, способной в режиме реального времени оцифровать, обработать и проанализировать входящий акустический сигнал, основываясь на методе и алгоритме аудио фингерпринтига для регистрации несанкционированного действия и определения его вида по отношению к магистральному нефтепроводу, например, определить какие средства незаконной врезки используют нарушители – дрель, молот, перфоратор или иные. Такое решение позволит уменьшить вероятность срабатывания ложной тревоги и повысит эффективность регистрации звуковых событий акустическим датчиком.

Материалы и методы. Основная идея создания акустического отпечатка пальца состоит в том, чтобы создать уникальный "отпечаток" для каждой записи, который можно сравнить с другими отпечатками, чтобы определить, совпадают они или нет. Это делается путем анализа различных характеристик звуковых сигналов, таких как частоты, длительность и уровень громкости. Подобным образом устроен алгоритм обработки акустических сигналов в популярном приложении Shazam – это приложение для распознавания музыки, которое позволяет пользователю идентифицировать название и исполнителя песни, играющей в данный момент. Shazam также использует технологию аудио фингерпринтинга, которая позволяет сопоставлять аудиосигналы.

Процесс аудио фингерпринтинга включает следующие шаги:

- сбор аудиосигнала: звук записывается несколько секунд;
- оцифровка: дискретизация аналогового сигнала поступающего через микрофон акустического датчика с помощью аналогово-цифрового преобразователя (АЦП) с определенными параметрами, такими как частота дискретизации, размер буфера данных и т.д. При этом наиболее важным параметром является частота дискретизации. Согласно теореме Котельникова-Шеннона, необходимо выбирать частоту дискретизации, которая превышает вдвое максимальную частоту входного звукового сигнала. Выбор размера буфера (для отрезков или фреймов спектра) должен быть кратным степени 2, поскольку для корректной работы алгоритма БПФ, требуется использование четного количества отсчетов. После задания соответствующих параметров начинается цикл сбора и обработки предварительно записанного аудиосигнала, где на каждой итерации цикла буфер заполняется дискретными значениями для последующего анализа (рис. 1) [6];

- преобразование сигнала: алгоритм разбивает аудиофайл на множество коротких фрагментов, называемых "шагами" (или "шагами времени") длительностью от нескольких миллисекунд до нескольких секунд. Затем для каждого шага выполняется спектральный анализ, который позволяет определить амплитуды и частоты звуковых компонентов в этом фрагменте, таким образом, звуковой сигнал преобразуется из временной формы в спектральную, используя БПФ. Это позволяет разложить звуковую волну на составляющие её частоты. Результатом этого является набор значений амплитуд для различных частот, которые представляют собой спектр сигнала;

- создание отпечатка: далее используется алгоритм сжатия данных, называемый "Locality Sensitive Hashing" (LSH), чтобы сгруппировать шаги с похожими характеристиками в "отпечатки" (или "хэши"). Отпечаток представляет собой набор хеш-значений, которые представляют собой комбинацию амплитуд и частот, а также информацию о времени, в которое они были обнаружены. Другими словами, из спектральной формы создается уникальный идентификатор акустического сигнала, в него входит набор характеристик звука, включая частоты, амплитуды и длительность каждого звука, а также моменты времени, в которые они происходят;

- сохранение отпечатка: каждый сегмент аудиозаписи сохраняется в базе данных вместе со своим уникальным набором хешей. Каждый отпечаток также может быть связан с дополнительной информацией о записи;

– сопоставление аудио отпечатка с базой данных: затем созданные отпечатки сравниваются с отпечатками, находящимися в базе данных. Если найдено достаточно совпадений между отпечатками, возвращается информация о записи [7 с. 31].



Рис. 1. Дискретизация аналогового сигнала

Таким образом, используется спектральный анализ и алгоритмы сжатия данных для быстрого и точного распознавания акустических сигналов. Создание аудио отпечатков является сложным процессом, который включает в себя несколько этапов и использует различные алгоритмы для создания и хранения уникальных отпечатков акустических сигналов.

Быстрое преобразование Фурье стоит рассмотреть более детально, поскольку это является ключевым фактором в алгоритме обработки сигнала. Из-за ограниченных ресурсов на анализирующем устройстве и необходимости проведения обработки сигнала в режиме реального времени, лучшим выбором является БПФ, которое проводится для каждого отдельного фрейма (кадра, который выбирается из всего спектра), что позволит сократить количество вычислений (N) с N^2 до $N \cdot \log_2 N$. БПФ основывается на повторяющихся значениях множителей (синусов), что позволяет существенно сократить количество умножений. Кроме того, БПФ более точен по сравнению со стандартным алгоритмом, так как сокращение числа операций уменьшает ошибки округления. Быстродействие БПФ может в несколько раз превосходить быстродействие стандартного алгоритма в зависимости от значения N .

Чем больше отсчетов делается, тем выше точность разрешения частоты, однако увеличение числа отсчетов при постоянной частоте дискретизации может привести к наложению сигналов. Возможен простой подход увеличения разрешения по частоте путем заполнения нулями между отсчетами исходного дискретного сигнала. Однако, этот метод сильно искажает фазовый спектр, тогда как улучшение разрешения амплитудного спектра становится возможным. В таких случаях, можно применять фильтры Фарроу и осуществлять искусственное увеличение частоты дискретизации, однако это также приводит к искажениям в спектрах.

Для БПФ выделяется короткий кадр (фрейм) акустического сигнала, состоящий из дискретных отсчетов. Обычно длительность фрейма варьируется от $3 \cdot 10^{-3}$ до 1 с. Сокращение длительности фрейма может улучшить разрешение по времени, но ухудшить разрешение по частоте, и наоборот. При анализе фрейма синусоидального сигнала единичного образца, амплитудный спектр сильно напоминает дифракционную картину. Это явление следует учитывать при выборе длительности фрейма и интерпретации результатов анализа.

На практике, высокие амплитудные значения спектра могут затруднять анализ сигналов. Для решения этой проблемы, используются оконные функции, которые помогают понизить эти значения. Существует несколько типов оконных функций, таких как окно Ханна, окно Хэмминга, окно Наттолла, окно Гаусса и прямоугольное окно. В данной работе будет использовано окно Гаусса, поскольку его боковые лепестки в двойном логарифмическом масштабе спадают намного быстрее, чем у других оконных функций, и не стремятся к прямой линии. Это помогает избежать нежелательного эффекта, который может возникнуть при использовании других оконных функций.

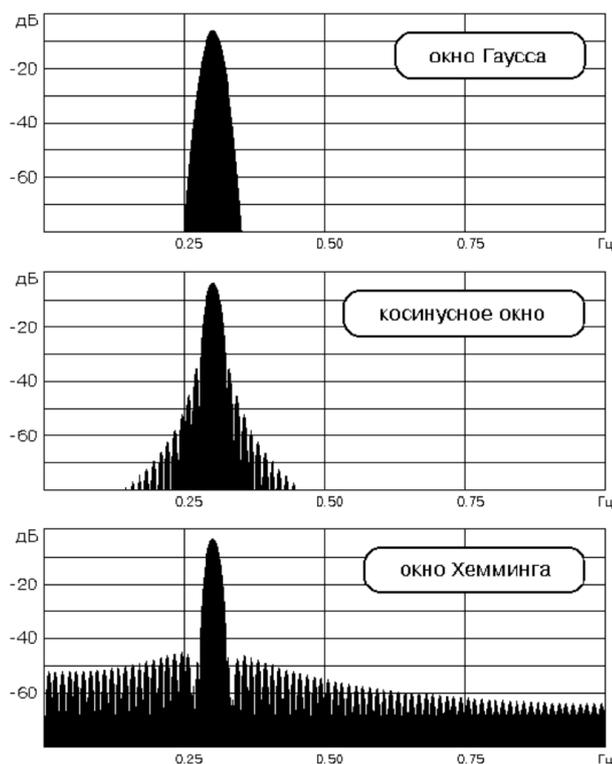


Рис. 2. Различные варианты оконных функций

Алгоритм БПФ имеет две разновидности: с прореживанием по времени и частоте, применение которых даёт идентичные результаты. На входе функции принимается массив комплексных чисел, состоящий из реальных значений амплитуд сигнала во временной области, а на выходе получается массив комплексных чисел, содержащий информацию об амплитудном и фазовом спектре. Конечный массив содержит только половину полезной информации, остальная половина является зеркальным отражением первой и может быть исключена из рассмотрения в соответствии с теоремой Котельникова-Шеннона. После преобразования Фурье необходимо нормализовать амплитудный спектр, чтобы значения амплитуд были одного порядка, независимо от размеров фрейма [7, с. 33].

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ) позволяет получить дискретный спектр с равномерным распределением амплитуд по частоте. Однако, при условии, что частота сигнала кратна шагу, который определяется отношением частоты дискретизации к количеству отсчётов

$$\delta = \frac{\omega}{n},$$

где δ – шаг дискретизации, ω – частота дискретизации, Гц, n – количество отсчётов.

Спектр может содержать остроконечные пики. Если частота сигнала находится между этими пиками, то форма пика будет «срезанной», что затрудняет определение частоты. Также возможно наличие нескольких частот, расположенных близко друг к другу, что приводит к ограничению разрешения по частоте. Аналогично малоразличимым деталям на фотографии с низким разрешением, тонкие особенности спектра могут быть не обнаружены.

Для более точного определения частоты сигнала можно использовать фазовый спектр. Этот метод заключается в определении разности фаз между спектрами двух немного сдвинутых во времени фреймов. Это позволяет создать словарь, который связывает частоту с амплитудой сигнала, который содержит более точную информацию о частоте, чем спектр амплитуд. Однако, как и в случае с амплитудным спектром, по-прежнему могут возникать проблемы из-за срезанных пиков. Чтобы избежать этого недостатка, можно применить антиалиасинг (сглаживание), чтобы доопределить их значения [7, с. 35].

Заключение. В этой статье приведены основные принципы точного определения частот акустических сигналов. А также показана связь дискретного преобразования с методом создания акустического отпечатка пальцев (аудио фингерпринтинга), который в составе метода "Locality Sensitive Hashing" называется хэшем. Данный способ обработки и идентификации акустического сигнала позволит повысить эффективность регистрации несанкционированных событий акустическим датчиком и, как следствие, модернизировать систему физической защиты в нефтегазовой отрасли.

Литература:

1. Публичное акционерное общество «Транснефть» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.transneft.ru>.
2. Костин В.Н. Методики, модели и методы обоснования и разработки систем физической защиты критически важных объектов. Автореферат дисс. ... доктора технических наук. Ижевский государственный технический университет им. М.Т. Калашникова, 2021. – 38 с. Режим доступа: <https://viewer.rsl.ru/ru/rsl01010768066?page=1&rotate=0&theme=black>.
3. Князев Б.А. Дискретное преобразование Фурье – как это делается. – Новосибирск: Новосибирский государственный университет; Ин-т ядерной физики им. Будкера СО РАН. – 21 с.
4. Шамсиев Э.Х., Павлов А.Д. Методы голосовой идентификации человека. Сб. м-лов XI Всероссийской научно-практической конференции. – СПб.: Скифия-принт, 2022. 3 с. Режим доступа: https://www.elibrary.ru/download/elibrary_49432585_89798867.pdf.
5. Алексеев М.С., Деревянкина В.С., Куцевалова В.В., Сивцова Е. И., Маегов С.Е. Методология сбора и обработки голосовых данных. Красноярск: М-лы XXV Международной научно-практической конференции, посв. памяти генерального конструктора ракетно-космических систем акад. М.Ф. Решетнева. В 2-х ч. Ч. 2. Под общ. ред. Ю.Ю. Логинова. – Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий имени акад. М.Ф. Решетнева, 2021. 2 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=47711824>.
6. Лукин А. Введение в цифровую обработку сигналов (математические основы). – Лаборатория компьютерной графики и мультимедиа, МГУ, 2007. С. 15–32.
7. Степаненко М.А., Фунтиков Е.А. Оцифровка и анализ акустических сигналов на платформе android / Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – НГТУ, 2016. 6 с. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=28363195>.

УДК 004.41

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА УДАРНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Кондрашов Д.Е., аспирант, danil.jwx@yandex.ru

Научный руководитель: Бушмелева К.И., д-р техн. наук, профессор кафедры АСОИУ, Сургутский государственный университет, Сургут, Россия

Аннотация. Содержание статьи фокусируется на вопросе применения системы поддержки принятия решений (СППР) для реализации задачи диагностики электронных средств (ЭС), и предполагает использование современных информационных технологий и компьютерных алгоритмов, в частности машинного обучения, для решения проблемы недостаточной эффективности существующих методов диагностики ЭС, направленных на выявление конструктивных дефектов. Предметом исследования являются модели, методы и средства поддержки принятия решений на основе диагностирования ЭС в процессе испытаний на ударные механические воздействия, алгоритмы машинного обучения.

Ключевые слова: поддержка принятия решений, нейронные сети, техническая диагностика, электронные средства, ударные воздействия, дефекты

DECISION SUPPORT SYSTEM FOR DIAGNOSTICS OF ELECTRONIC MEANS BASED ON IMPACT ANALYSIS

Kondrashov D.E., graduate, danil.jwx@yandex.ru

Scientific supervisor: Bushmeleva K.I., Doctor of Technical Sciences, Professor of Department ADPSC, Surgut State University, Surgut, Russia

Annotation. The content of the article focuses on the issue of using a decision support system (DSS) to implement the task of diagnosing electronic means (ES), and involves the use of modern information technologies and computer algorithms, in particular machine learning, to solve the problem of insufficient effectiveness of existing methods of ES diagnostics aimed at identifying design defects. The subject of the research is models, methods and means of decision support based on the diagnosis of ES in the process of testing for mechanical shock, machine learning algorithms.

Keywords: decision support, neural networks, technical diagnostics, electronic means, shock effects, defects

Введение. ЭС используются в самой разнообразной инфраструктуре и областях с разными требованиями и стандартами. Это может затруднить диагностику проблем, поскольку не существует единого стандартного метода тестирования и диагностики электронных изделий. Растущее использование ЭС в критической важной инфраструктуре, такой как, например, медицина, вызывает опасения по поводу безопасности, поэтому важно убедиться, что выпускаемые изделия правильно спроектированы и надлежащим образом протестированы.

Технической диагностике ЭС посвящено немало литературы, трудов инженеров и ученых. При этом количество публикаций продолжает неуклонно расти параллельно с развитием и усложнением производства ЭС. Отдельно можно отметить работы таких ученых, как Жанг К., Мозгалевский А.В., Киншт Н.В., внесших существенный вклад в проблематику диагностирования.

В своих исследованиях такие авторы, как Увайсов С.У., Лышов С.М., Фам Лэ Куок Хань и другие [1-6] рассматривают схожий контекст и содержание проблемы. Серьезным недостатком имеющихся исследований является тот факт, что на сегодняшний момент сложность и

разнообразие ЭС не позволяет выявить и идентифицировать все дефекты устройства с помощью какого-либо одного метода.

В данном исследовании выдвигается гипотеза, которая заключается в том, что наличие дефекта в конструкции РЭС может быть обнаружено в функции отклика системы на входной импульс, например, виде одиночного удара. То есть, наличие какого-либо из дефектов окажет влияние на выходную характеристику самой конструкции, благодаря чему неисправность может быть идентифицирована по виду и параметрам этой характеристики.

Материалы и методы. Опишем подробнее ударные воздействия, реакция на которые выступает в роли исходных данных, используемых при осуществлении диагностики в проводимом исследовании.

В механике удар – это некоторый кратковременный скачкообразный процесс. Во время удара в точке соприкосновения твердых тел возникают большие, но мгновенно действующие силы, вызывающие некоторый конечный импульс.

В качестве электронных средств и объектов для диагностики в пределах данного исследования выступают печатные узлы (ПУ). Основная идея состоит в том, чтобы спроектировать СППР [2], основываясь на собственной методике анализа подобных ударных воздействий на ПУ. При этом данным анализом будет заниматься искусственная нейронная сеть (ИНС).

Для решения обозначенных выше задач применены методы диагностики ЭС, теории ИНС, распознавания образов, методы математического моделирования процессов. В процессе работы использована программная библиотека TensorFlow, созданная специально для машинного обучения. Для моделирования ударного воздействия был использован программный комплекс SolidWorks.

Опишем пробную методику диагностирования электронных средств в виде последовательности действий, которые необходимо выполнить:

1. Исследуемый ПУ помещается на тестовый ударный стенд.
2. На ПУ оказывается механическое воздействие в виде одиночного удара с импульсом треугольной формы.
3. Отклик узла отслеживается при помощи закрепленного на нем датчика в течение 1-ой секунды с частотой 1000 Гц.
4. Полученная зависимость амплитуды колебания от времени сохраняется на цифровом носителе в виде пар значений XY.
5. Сохраненный результат ударного воздействия подается на вход ИНС-модели.

Результатом работы ИНС-модели является числовое значение, указывающее на принадлежность исследуемого устройства к одному из рассматриваемых классов.

На основе полученного значения делается вывод о наличии либо отсутствии дефекта в ПУ.

Главным элементом в описанной выше методике выступает ИНС. От элементов, так или иначе связанных с ней, будь то выбор архитектуры сети или объем входных данных и их представление, во многом зависит точность диагностирования, а значит и эффективность методики в целом.

В рамках практических испытаний в качестве данных для тренировки ИНС были использованы результаты моделирования ударов на ПУ в программном комплексе SolidWorks. Пример моделирования ударного воздействия представлен на рис. 1.

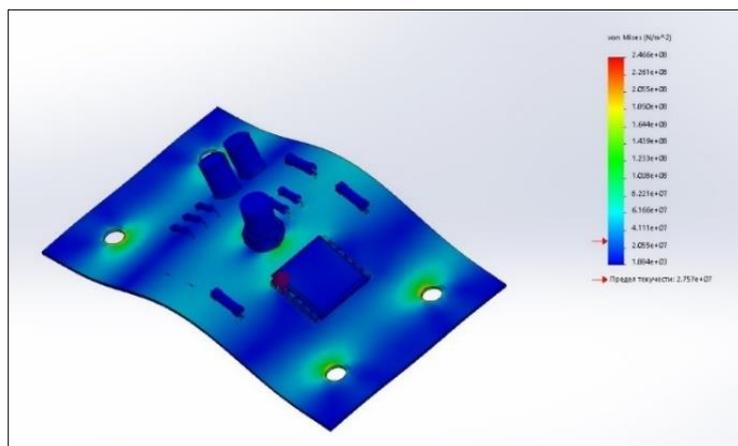


Рис. 1. Пример моделирования ударного воздействия в SolidWorks

При этом моделирование было произведено при следующих состояниях ПУ:

- ПУ деформирован;
- ПУ имеет неправильную компоновку элементов;
- в узле был использован неправильный материал;
- в узле присутствует посторонний элемент;
- узел не имеет дефектов;
- в узле присутствует трещина;
- в узле был ослаблен крепеж;
- в узле отсутствует один из компонентов.

Всего было получено 2048 результатов ударных воздействий на ПУ с 256-ю наборами данных на каждое описанное выше состояние узла соответственно.

Выбор архитектуры нейронной сети. В качестве архитектуры нейронной сети были рассмотрены два варианта:

1. Классический многослойный перцептрон (МП).
2. Сверточная нейронная сеть (СНС).

Многослойный перцептрон – это архитектура нейронной сети прямого распространения, в состав которой входят как минимум 3 слоя: входной, скрытый и выходной.

В качестве функции активации во всех слоях, кроме последнего, используется функция ReLU (1).

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x < 0 \\ x, & x > 0 \end{cases} \quad (1)$$

где x – значение, поступающее на выход из нейрона.

Для выдачи итогового результата в виде набора вероятностных оценок, дающих в сумме единицу, была использована функция softmax (2).

$$\sigma(z)_i = \frac{e^{z_i}}{\sum_{k=1}^K e^{z_k}}, \quad (2)$$

где z – вектор размерности K , σ – вектор размерности K , e – экспонента.

Альтернативой многослойному перцептронному выступает сверточная нейронная сеть. Данная архитектура предназначена в первую очередь для распознавания и классификации изображений, что не является помехой, поскольку результаты ударных воздействий легко отобразить в виде графиков.

Имея результаты ударных воздействий в виде совокупности точек (X , Y), можно построить изображения графиков, которые остается лишь подать на вход модели СНС. При этом, однако существует более эффективный подход для классификации подобных исходных данных, позволяющий избавиться от таких недостатков графика на декартовой системе координат, как пустоты, не содержащие информации, и потеря детализации самой кривой при уменьшении изображения.

Для реализации данного подхода вместо использования графика необходимо получить изображение GAF-матрицы или угловой матрицы Грама, использование которой для анализа временных рядов уже дает высокую точность классификации на популярных классических наборах данных [4-6].

Формулы получения угловой матрицы Грама – нормирование ряда в отрезок [-1, 1] (3), перевод значений в полярную систему координат (4), вычисление элементов матрицы GAF (5).

$$\hat{y}_i = \frac{(y_i - \max(Y)) + (y_i - \min(Y))}{\max(Y) - \min(Y)}, \quad (3)$$

где Y – совокупность все имеющихся точек y , y_i – i -тая точка Y , \hat{y}_i – нормированное значение y_i .

$$\varphi_i = \arccos(y_i), \quad (4)$$

где φ_i – полярный угол для точки y_i .

$$G = \begin{bmatrix} \cos(\varphi_1 + \varphi_1) & \cdots & \cos(\varphi_1 + \varphi_n) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \cos(\varphi_n + \varphi_1) & \cdots & \cos(\varphi_n + \varphi_n) \end{bmatrix}, \quad (5)$$

где G – угловая матрица Грама.

Результаты работы. Скомпилированная модель многослойного перцептрона после 5-ти эпох тренировки дает точность ниже 15%, что продемонстрировано на рис. 2.

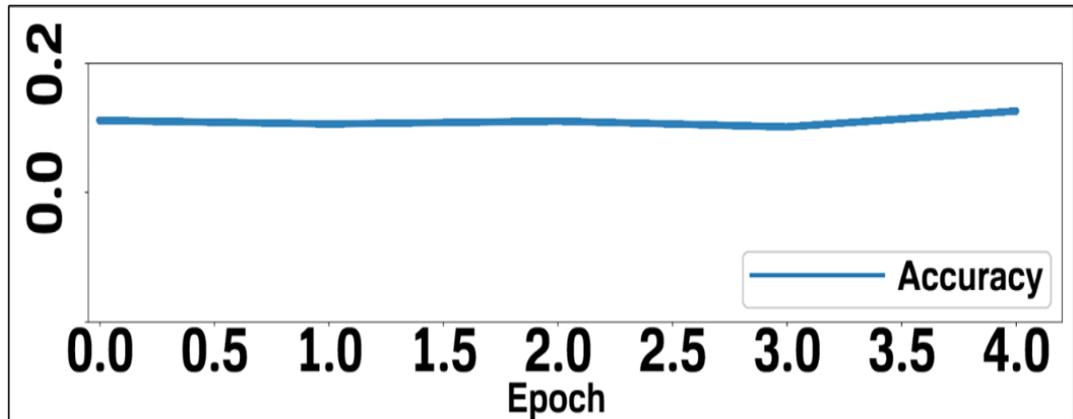


Рис. 2. Точность классификации многослойного перцептрона

Полученный результат нельзя назвать приемлемым, тем не менее точность можно повысить путем увеличения числа эпох или переконфигурированием слоев.

Все описанные выше формулы были внедрены в скрипт на языке Python, который считывает Y -столбец каждого эксперимента и генерирует соответствующее ему изображение матрицы. Переход от графика к матрице продемонстрирован на рис. 3.

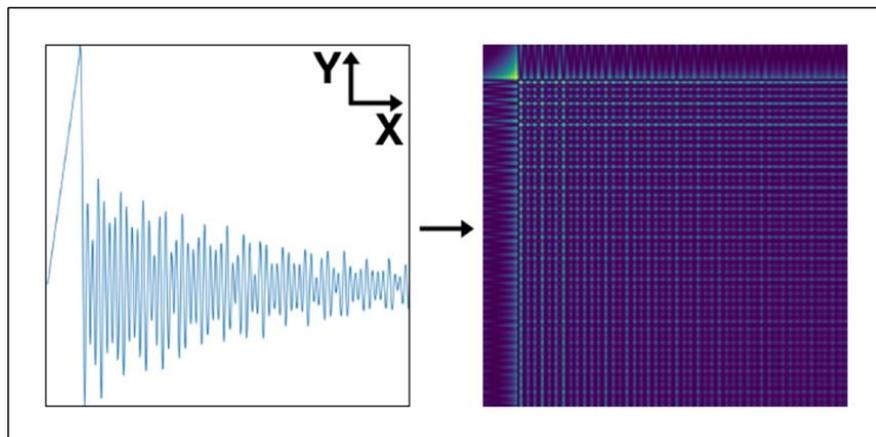


Рис. 3. Переход от изображения графика (X, Y) к угловой матрице Грама

Конечная конфигурация нейронной сети для обучения представлена на рис. 4.

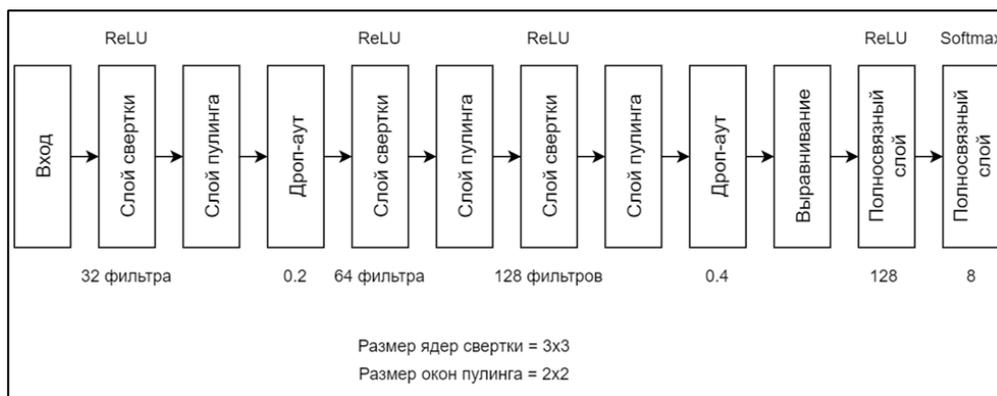


Рис.4. Выбранная конфигурация для СНС

Скомпилированная модель СНС обеспечивает точность в 98% на тренировочных данных, что представлено на рис. 5.

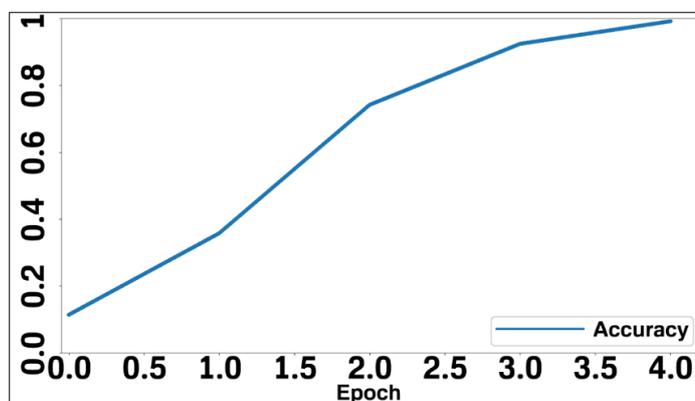


Рис. 5. Точность классификации сверточной нейронной сети

Тот же результат достигается при проверке сети на выделенных от изначального набора данных 10% изображениях с матрицами, которые не участвовали в процессе обучения.

Таким образом, можно сказать, что архитектура сверточной нейронной сети показала отличные результаты, опередив по точности классификации МП. В совокупности с эффективным с точки зрения плотности информации представлением данных СНС показывает точность в 98% против 12% у МП за одинаковое число итераций обучения.

Выводы. В рамках данной статьи была выдвинута гипотеза о возможности выявления конструктивного дефекта в ЭС в функции отклика системы на входной импульс, описана методика диагностирования ЭС на основе анализа ударных воздействий посредством алгоритмов машинного обучения, а именно – ИНС. Высокая точность предсказаний нейронной сети на смоделированных дефектах говорит о перспективности выбранного подхода.

Следующим этапом в реализуемом исследовании станет анализ подходов к СППР. Будут рассмотрены методы и средства, которые могут быть использованы при создании СППР, такие как: деревья решений, компьютерное зрение, хранилища данных, базы знаний.

Литература:

1. Фам Лэ.К.Х., Дао А.К., Увайсов С.У., Черноверская В.В., Бушмелева К.И. Определение эффективного уровня одиночных ударных импульсов для выявления дефектов печатных узлов электронных средств //Вестник Международного университета природы, общества и человека «Дубна». Сер.: Естественные и инженерные науки. – 2020. – № 3 (48). С. 48–52.
2. Кондрашов Д.Е., Увайсов С.У., Фам Лэ Куок Хань, Бушмелева К.И. Автоматизированная

система диагностики радиоэлектронных средств на основе ударных воздействий // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии: Сб. трудов XVII Международной научно-практической конференции. – М.: АВиС ВВИА, 2020. С. 384–389.

3. Pham Le Quoc Han, Bushmeleva K.I., Uvaysova A.S., Uvaysov S.U. Artificial Networks in the Problem of Classification of defects of Electronic Devices // Journal of Communications Technology and Electronics. – 2021. – Vol. 66. – № 9. pp. 1068–1074.

4. Фам Л.К.Х., Увайсова А.С., Увайсов С.У., Бушмелева К.И. Искусственные нейронные сети в задаче классификации дефектов электронных устройств // Радиотехника и электроника. – 2021. – Т.66. – №9. С. 919–926.

5. Кондрашов Д.Е., Увайсов С.У., Демченко С.К., Бушмелева К.И. Методика диагностики электронных средств на основе анализа ударных воздействий посредством алгоритмов машинного обучения // Инновационные, информационные и коммуникационные технологии. Сб. тр. XVIII Международной научно-практической конференции. – М.: АВиС ВВИА, 2021. С. 190–195.

6. Кондрашов Д.Е., Бушмелева К.И., Увайсов С.У. Диагностирование дефектов в радиоэлектронных средствах с помощью искусственной нейронной сети // Надежность и качество. Труды Международного симпозиума. – Пенза, 2021. – Т. 1. С. 269–273.

УДК 519.816

**СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ВРАЧЕБНЫХ РЕШЕНИЙ:
МЕТОДЫ, ПРОБЛЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ
И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ ВО ФЛЕБОЛОГИИ**

*Хитрень Д.В., аспирант, khitren@mail.ru
МКУ Управление информационных технологий и связи, Сургут, Россия;
Урманцева Н.Р., ст. преподаватель кафедры АСОИУ, nel-u@yandex.ru,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия;
Научный руководитель: Крамаров С.О., д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры АСОИУ,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

Аннотация. В статье рассмотрены методы, проблемы построения систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР) и пути их решения во флебологии. Выделены классы СППВР с точки зрения методов и подходов к принятию решений. Рассмотрены пять общих концептуальных барьеров при создании СППР и пять частных проблем построения СППВР во флебологии. Предложены пути решения всех рассмотренных проблем за счет создания системы коллаборативной обработки флебологических данных, медицинской информационной системы (МИС) с применением виртуальных контейнеров, методов авторской обработки исходных выборок данных и системы централизованного сбора данных.

Ключевые слова: системы поддержки принятия врачебных решений, медицинские информационные системы, искусственный интеллект, нейронные сети, флебология

**MEDICAL DECISION SUPPORT SYSTEMS:
METHODS, CONSTRUCTION PROBLEMS
AND WAYS OF THEIR SOLUTION IN PHLEBOLOGY**

*Khitren D.V., graduate, khitren@mail.ru;
MKU Department of Information Technologies and Communications, Surgut, Russia;
Urmantseva N.R., senior lector of Department ASOIU, nel-u@yandex.ru,
Surgut State University, Surgut, Russia
Scientific supervisor: Kramarov S.O., Doctor of Physical and Mathematical Sciences,
Professor of Department ASOIU, Surgut State University, Surgut, Russia*

Annotation. The article discusses the methods, problems of building medical decision support systems (DMSS) and ways to solve them in phlebology. The classes of SPPVR are distinguished from the point of view of methods and approaches to decision making. Five general conceptual barriers in the creation of DSS and five particular problems of building DSS in phlebology are considered. Ways of solving all the considered problems are proposed by creating a system for collaborative processing of phlebological data, a medical information system (MIS) using virtual containers, methods for authoring processing of initial data samples, and a centralized data collection system.

Keywords: medical decision support systems, medical information systems, artificial intelligence, neural networks, phlebology

Введение. Проблемы флебологии на современном этапе могут быть обозначены следующим образом:

1. Трудность постановки правильного диагноза при хронической венозной недостаточности.

2. Загруженность врача ввиду большого потока пациентов.

Инструменты искусственного интеллекта, а именно нейронные сети, широко используются в настоящий момент в системах поддержки принятия медицинских решений, в т. ч., во флебологии и сердечно-сосудистой хирургии.

Методологическими вопросами построения экспертных интеллектуальных систем в медицине занимались Быховский М.Л., Богданова Ю.А., Геловани В.А., Гублер Е.В., Кобринский Б.А., Литвин А.А., Chang L.Ch., Eddy D.M., Liu H., Miller P.L.

Существующие косвенные аналоги медицинских информационных систем с интеллектуальным анализом данных реализуют различные подходы для поддержки принятия решений:

– CERNER Millennium: это комплексная МИС, которая включает в себя систему для поддержки врачей в принятии решений и обеспечении качества здравоохранения.

– Epic Systems: это другой крупный поставщик МИС, который также включает в себя СППР для улучшения качества здравоохранения.

– i2b2 (Informatics for Integrating Biology and the Bedside): это проект с открытым исходным кодом, который реализует систему для поддержки врачей в принятии решений и повышения эффективности здравоохранения.

– PICU (Pediatric Intensive Care Unit) Advisor: это СППР, разработанная специально для поддержки врачей в принятии решений в отношении недоношенных детей в интенсивных отделениях педиатрии.

Основным недостатком рассматриваемых систем является отсутствие возможности работы с флебологическими данными.

Разработкой концепции системы поддержки принятия решений в сердечно-сосудистой хирургии и флебологии, а также архитектуры облачной инфраструктуры коллаборативной системы обработки флебологических данных в Российской Федерации, на настоящий момент занимаются исследователи: Мазайшвили К.В., Урманцева Н.Р., Громов В.А., Паринов А.А., Незнанов А.Н.

Целью исследования является описание методов, проблем построения систем поддержки принятия врачебных решений и путей их решения во флебологии.

Материалы и методы. СППВР в медицине предназначены для решения следующих задач:

- подача тревожных сигналов и напоминаний;
- ассистирование в процессе диагностики;
- поиск подходящих случаев (прецедентов);
- контроль и планирование терапии;
- распознавание и интерпретация образов.

Чаще всего СППВР используются именно для помощи при постановке диагноза, назначении и, при необходимости, при корректировке назначенного лечения, однако область их применения охватывает все уровни здравоохранения [1].

Существуют различные методы построения СППР:

1. Экспертные системы: основаны на знаниях экспертов и используют правила и логику для поддержки принятия решений.

2. Алгоритмы, основанные на правилах: используют математические модели для предсказания вероятностных исходов или генерации подсказок.

3. Машинное обучение: используют алгоритмы машинного обучения, чтобы предсказывать диагнозы на основании собранных данных о пациентах и их анамнеза.

4. Гибридные методы: комбинируют несколько из вышеуказанных методов для получения более точных решений.

Выбор метода зависит от целей, которые преследуются разработчиками СППР, а также от доступных данных и ресурсов.

Для построения СППР необходимы следующие ресурсы:

1. Данные: необходимы качественные и актуальные данные для обучения моделей или поддержания функционирования правил.
2. Экспертные знания: необходимы для создания правил или баз знаний.
3. Аппаратные и программные ресурсы: необходимы для разработки и реализации системы, включая программное обеспечение для написания кода, анализа и хранения данных.
4. Человеческие ресурсы: необходимы для управления проектом, разработки и тестирования системы, а также для обновления данных и поддержания их в актуальном состоянии.

Важно отметить, что для успешного построения СППР необходимо выделить достаточные ресурсы на каждый из этапов разработки, функционирования и сопровождения системы.

При создании СППР в медицине существует некоторое количество не до конца решенных проблем – концептуальных барьеров, усложняющих разработку системы:

1. Первый концептуальный барьер связан с колоссальным объемом накопленных медицинских знаний.

2. Второй концептуальный барьер связан с постоянным обновлением медицинских знаний и технологий. Преодолев первые два барьера, можно получить систему, основывающуюся на актуальных формализованных медицинских знаниях.

3. Третий концептуальный барьер связан с клиническими данными, медицинскими Big Data, составляющими от 30% до 40% мировых цифровых данных, и наличием подготовленных источников данных. Внушительные массивы данных должны быть накоплены, верифицированы врачами-экспертами, нормализованы и генерализованы до их применения в машинном обучении. Еще одной проблемой анализа больших данных в российской медицине является отсутствие доступных для исследователей банков больших обезличенных клинических данных.

4. Четвертый концептуальный барьер связан с недостаточной формализацией и стандартизацией данных. В большинстве случаев системам искусственного интеллекта приходится работать не с формализованными и размеченными данными, а с медицинскими записями в свободной форме.

5. Пятый концептуальный барьер связан с недостаточным обоснованием и пониманием метода получения рекомендуемого машиной решения. Он является когнитивным.

Попытки преодолеть концептуальные барьеры в создании СППВР привели к развитию следующих подходов:

1. Предоставление врачам релевантных информационных источников, помогающих в самостоятельном принятии решения.

2. Использование технологических карт – прескриптивных моделей стандартных процедур здравоохранения, которые должны быть предприняты для конкретных групп пациентов.

3. Разработка достаточного числа частных узкопрофильных СППР.

4. Построение когнитивной системы, способной к самообучению и усвоению знаний непосредственно из текстовых неформализованных источников, основанное на явных знаниях.

5. Построение СППР на основе прецедентного подхода, основанное на неявных эмпирических знаниях [2].

Проблемы построения СППВР во флебологии связаны:

1. Со сбором данных: отсутствием достаточного набора фотографий ног и МРТ- снимков пациентов для обучения модели предсказания и поддержки актуальности моделей очередными снимками.

2. С безопасностью и защищенностью данных: хранящаяся в системе информация должна быть защищена законом о персональных данных №152-ФЗ.

3. С взаимодействием с ассоциациями флебологов: врачи неохотно идут на контакт ввиду отсутствия личной заинтересованности.

4. С экспертным анализом: выделением групп экспертов, созданием анкет-опросников.

5. С выбором СППР: технологии разработки, модели представления знаний или конструкторов/оболочек для создания экспертных систем.

Данные проблемы могут быть решены путем гибридного использования первого, второго и четвертого подходов преодоления концептуальных барьеров.

Результаты и их обсуждение. Наиболее оптимальным решением для создания МИС и СППВР, позволяющим решить описанные выше проблемы, является использование гибридной облачной архитектуры. Компоненты перспективной системы коллаборативной обработки флебологических данных (МИС + система интеллектуального анализа медицинских данных) представлены в работе [3].

Проблему сверхкоротких выборок удалось решить с помощью метода увеличения контрастности МРТ-снимков и метода приведения фотографий ног к черно-белому формату, увеличив тем самым процент верного распознавания диагнозов нейронной сетью на небольшой выборке данных (порядка 1000 снимков МРТ и 100 фотографий ног). Результаты метода увеличения контрастности МРТ-снимков и метода приведения фотографий к черно-белому формату ног, представлены на рис. 1.



Рис. 1. Результаты метода увеличения контрастности МРТ-снимков и метода приведения фотографий ног к черно-белому формату

Проблема взаимодействия с ассоциациями флебологов решается путем разработки системы сбора данных и размещения ее в свободном доступе по адресу: <https://app.vita-control.ru/>. На рис. 2 представлена итоговая статистика по количеству пациентов и количеству собранных исследований данной системы.

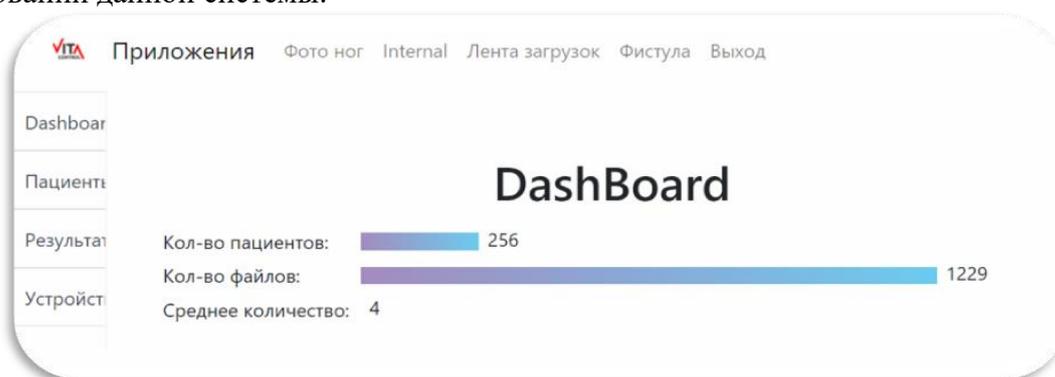


Рис. 2. Итоговая статистика системы сбора данных

Виртуальные контейнеры — оптимальный вариант для преодоления проблемы безопасности и защищенности данных для частных профильных медицинских центров, занимающихся междисциплинарными исследованиями в области математического и нейросетевого моделирования физиологических процессов [4]. На рисунке 3 изображена схема МИС с применением виртуальных контейнеров в географически распределенной филиальной сети клиник.

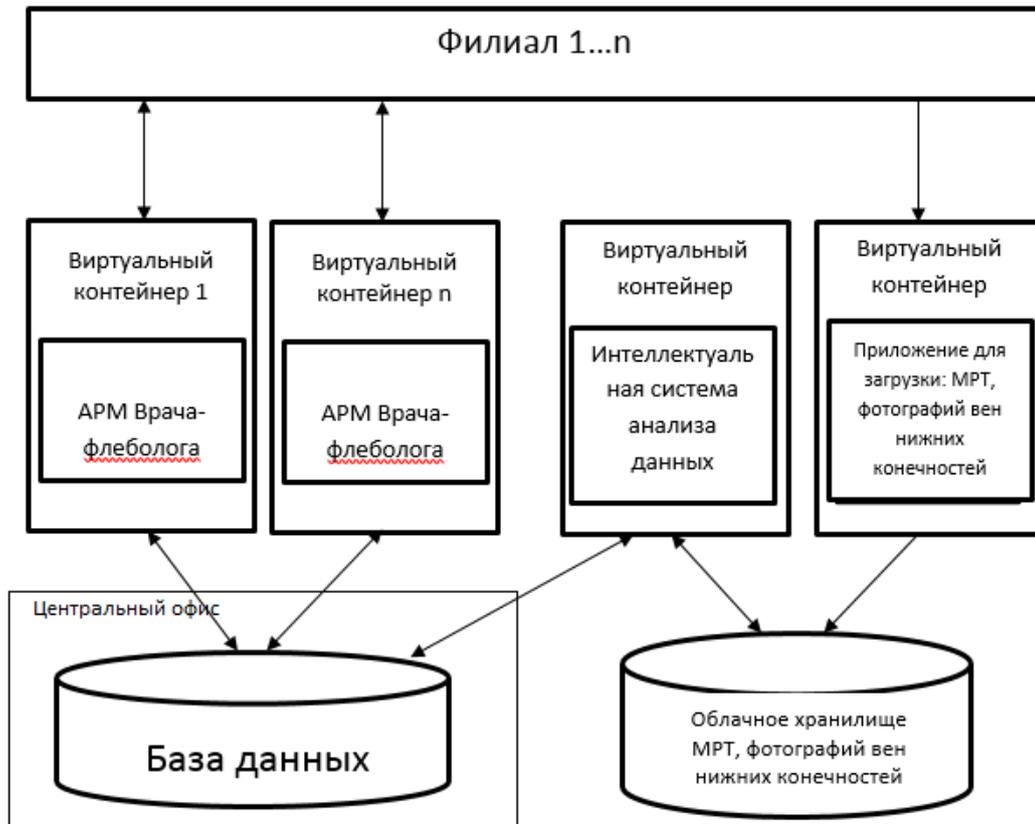


Рис. 3. Схема МИС с применением виртуальных контейнеров [4]

В отличие от обычных МИС, в которых хранящаяся информация должна быть защищена законом о персональных данных №152-ФЗ, медицинская информация для научных исследований может быть обезличена и затем обработана посредством функционала, заложенного в контейнеры.

Проблему подбора экспертов для экспертного анализа удалось решить путем плодотворного сотрудничества с флебологическим центром «Антирефлюкс БИОМЕД» и Санкт-Петербургской Ассоциацией флебологов.

После использования конструкторов/оболочек для создания экспертных систем было принято решение о самостоятельной разработке СППВР с помощью языка программирования Python на основе продукционной модели представления знаний.

Выводы. В статье были рассмотрены методы, проблемы построения СППВР и пути их решения во флебологии. Проблему сбора данных удалось решить с помощью метода увеличения контрастности МРТ-снимков и метода приведения фотографий ног к черно-белому формату, увеличив тем самым процент верного распознавания диагнозов нейронной сетью на небольшой выборке данных (порядка 1000 снимков МРТ и 100 фотографий ног). Проблему защищенности данных – с помощью применений технологий виртуальных контейнеров. Проблему взаимодействием с ассоциациями флебологов – путем разработки системы сбора данных и размещения ее в свободном доступе по адресу: <https://app.vita-control.ru/>. Проблемы экспертного анализа – плодотворным сотрудничеством с флебологическим центром «Антирефлюкс БИОМЕД» и Санкт-Петербургской Ассоциацией флебологов. После использования конструкторов/оболочек для создания экспертных систем было принято решение о самостоятельной разработке СППВР.

Литература:

1. Реброва О.Ю. Эффективность систем поддержки принятия врачебных решений: способы и результаты оценки // Клиническая и экспериментальная тиреодология. – 2019. – Т. 15. – № 4. С. 148–155. doi: 10.14341/ket12377/

2. Малых В.Л. Системы поддержки принятия решений в медицине // Программные системы: теория и приложения. – 2019. – 10:2(41). С. 155–184. doi: 10.25209/2079-3316-2019-10-2-155-184
3. Урманцева Н.Р. Коллаборативная система сбора и обработки флебологических данных PhleboCloud / Н.Р. Урманцева, В.А. Громов // Вестник кибернетики. – 2021. – № 4. С. 40–47.
4. Урманцева Н.Р. Применение виртуальных контейнеров при создании медицинских информационных систем / Н.Р. Урманцева, Д.В. Хитрень // Вестник кибернетики. – 2021. – № 2. С. 24–30.

УДК 004.41

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕМНЫХ НЕЙРОСЕТЕВЫХ АРХИТЕКТУР

*Борисюк А.А., магистрант, borisyuk_aa@edu.surgu.ru;
Научный руководитель: Девыцын И.Н., ст. преподаватель кафедры АСОИУ,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

Аннотация. Ввиду широкого распространения нейронных сетей во всех сферах жизнедеятельности актуальна тема развития архитектур данных сетей. Для различных прикладных задач используются разные виды нейронных сетей. В данной статье описывается вариант архитектуры нейронной сети не в стандартном «плоском», а в объемном виде – нейроны расположены в одном пространстве, причем соседние нейроны не имеют полносвязного способа соединения, что является более близким вариантом строения с человеческим мозгом чем двухмерный пример.

Требуется разработать систему моделирования объемных нейросетевых архитектур с целью проведения вычислительных экспериментов, ввиду отсутствия существующих прямых аналогов на рынке.

На данный момент система реализована частично, но уже на данном этапе разработки позволяет визуализировать структуру объемной нейронной сети, созданной по начальным параметрам, заданным при помощи пользовательского интерфейса. Также есть возможность визуализировать процесс работы нейронной сети, и есть возможность сбора различной статистики.

В дальнейшем планируется значительно доработать созданную систему в части выбора языка программирования для работы системы: перейти с C# на Python с целью задействования большего числа разработанных компонентов для работы с нейронными сетями, их обучением и сбора данных. А также провести более качественные вычислительные эксперименты с целью определения качества работы разработанной системы.

Ключевые слова: нейронная сеть, архитектура сети, моделирование, визуализация, вычислительные эксперименты

AUTOMATED SYSTEM FOR MODELING VOLUMETRIC NEURAL NETWORK ARCHITECTURES

*Borisyuk A.A., undergraduate student, borisyuk_aa@edu.surgu.ru;
Scientific supervisor: Devitsin I.N., senior lector of Department ASOIU,
Surgut State University, Surgut, Russia*

Annotation. In view of the wide distribution of neural networks in all spheres of life, the topic of developing the architectures of these networks is relevant. Different types of neural networks are used for different applied tasks. This article describes a variant of the architecture of a neural network not in a standard “flat”, but in a three-dimensional form - the neurons are in the same space, and neighboring neurons do not have a fully connected method of connection, which is a closer version of the structure with the human brain than a two-dimensional example.

It is required to develop a system for modeling volumetric neural network architectures to conduct computational experiments, due to the lack of existing direct analogues on the market.

Now, the system has been partially implemented, but already at this stage of development it allows you to visualize the structure of a volumetric neural network created according to the initial parameters specified using the user interface. It is also possible to visualize the process of the neural

network and it is possible to collect various statistics.

In the future, it is planned to significantly refine the created system in terms of choosing a programming language for the system to work switch from C # to Python to use a larger number of developed components for working with neural networks, training them, and collecting data. And, to conduct better computational experiments to determine the quality of the developed system.

Keywords: neural network, network architecture, modeling, visualization, computational experiments

Введение. Данная работа посвящена проектированию и разработке системы для создания и проведения вычислительных экспериментов с объемными нейронными сетями. Исследования по искусственным нейронным сетям связаны с тем, что способ обработки информации человеческим мозгом в корне отличается от методов, применяемых обычными цифровыми компьютерами. Мозг представляет собой чрезвычайно сложный, нелинейный, параллельный компьютер (систему обработки информации). Он обладает способностью организовывать свои структурные компоненты, называемые нейронами, так, чтобы они могли выполнять конкретные задачи (такие как распознавание образов, обработку сигналов органов чувств, моторные функции) во много раз быстрее, чем могут позволить самые быстродействующие современные компьютеры.

Нейронные сети не программируются в привычном смысле этого слова, они обучаются. Возможность обучения – одно из главных преимуществ нейронных сетей перед традиционными алгоритмами. Технически обучение заключается в нахождении коэффициентов связей между нейронами. В процессе обучения нейронная сеть способна выявлять сложные зависимости между входными и выходными данными, а также выполнять обобщение. Это значит, что, в случае успешного обучения, сеть сможет вернуть верный результат на основании данных, которые отсутствовали в обучающей выборке, а также неполных и/или «зашумленных», частично искаженных данных [1, с.115-116].

Однако, несмотря на все существующие разработки и повышенный интерес к данной теме, до сих пор не удалось создать нейронную сеть, в достаточной степени эффективно моделирующую работу человеческого мозга. Так, например, на обработку зрительной информации мозгу достаточно 100-200 мс, в то время как реализованная на компьютере задача меньшей сложности займет несколько дней.

В связи с этим, до сих пор стоит вопрос о создании производительной нейронной сети, в полной мере, моделирующей работу человеческого мозга. Решение данной задачи позволило бы совершить огромный скачок в развитии искусственного интеллекта, а также смежных областей – таких как: робототехника, медицина, лингвистика и т.д.

Актуальность данной темы заключается в том, что трехмерные нейронные сети ещё не исследованы в достаточной степени и имеют огромный потенциал, который можно использовать для создания нейронных сетей с требуемыми качествами. Трехмерные нейронные сети ориентированы на обработку трехмерных массивов данных, что в значительно большей степени напоминает работу мозга, нежели классическая структура нейронных сетей, когда связанные нейроны лежат в одной плоскости.

На сегодняшний день, применение объемной архитектуры нейронных сетей не встречается в таком объеме как классические варианты. Тем не менее, сфера применения сети с такой архитектурой довольно обширна. Она может выступать аналогом сетей, использующих линейные методы в своих вычислениях.

Также стоит обратить внимание на то, что предлагаемый вариант архитектуры в виде куба, с неполносвязной зависимостью нейронов внутри предоставляет доступ к неограниченному количеству вариантов конфигурации сети, которые могут проявлять себя по-разному в зависимости от сферы применения. Данная структура позволяет преобразовывать входной сигнал, поступающий с каждого из 5 входов одновременно, получая на выходе «закодированный» вариант сигнала. Такую кодировку сигнала можно использовать, к примеру, в системах для распознавания

изображений.

Полный потенциал системы еще не изучен, но интерес к сети, построенной на базе такой архитектуры, объясняется простотой и функциональными возможностями итоговой нейронной сети. Также, продолжая тему наглядной простоты и понятности структуры, можно предположить, что данная архитектура может послужить макетом для создания физического варианта вычислительной единицы, который можно создать в виде куба и использовать для аналоговых вычислений. Изначально, перед началом работы над первой версией системы был проведен поиск аналогичных систем, позволяющих выполнять моделирование нейронных сетей:

1. NetMaker [2].

NetMaker - это бесплатный пакет для построения нейронных сетей. Он был разработан в первую очередь для поддержки взаимодействия классификация частиц в экспериментах по физике высоких энергий.

2. Stuttgart Neural Network Simulator [3].

SNNS (Штутгарт Нейросетевой имитатор) - программный симулятор для нейронных сетей рабочих станций Unix, разработанный в Институте параллельных и распределенных высокопроизводительных систем (IPVR) при Университете Штутгарта. Цель SNNS проекта - создать эффективную и гибкую среду моделирования для исследования и применения нейронных сетей.

3. SIMBRAIN [4].

SIMBRAIN это бесплатный инструмент для создания, запуска, анализа и нейронных-сетей.

Вышеуказанные аналоги не являются прямыми – данные программные продукты позволяют моделировать классические нейронные сети, но не дают возможность работать с трёхмерным вариантом нейронной сети. Это подтверждает актуальность создания системы.

По этой причине ставится цель разработать такую систему моделирования объемных нейросетевых архитектур. Ранее была разработана начальная версия данной системы, позволяющая визуализировать процесс работы нейронной сети, а также саму ее объемную структуру.

1. *Основная часть*

1.1. *Понятие нейронной сети*

В общем случае нейронная сеть представляет собой машину, моделирующую способ обработки мозгом конкретной задачи. Эта сеть обычно реализуется с помощью электронных компонентов или моделируется программой, выполняемой на цифровом компьютере [1, с. 251-253].

Более строгое определение можно сформулировать следующим образом.

Нейронная сеть – это громадный распределенный параллельный процессор, состоящий из элементарных единиц обработки информации, накапливающих экспериментальные знания и предоставляющих их для последующей обработки. Нейронная сеть сходна с мозгом с двух точек зрения:

- знания поступают в нейронную сеть из окружающей среды и используются в процессе обучения;
- для накопления знаний применяются связи между нейронами, называемые синаптическими весами [1, с. 256-267].

Далее будет рассмотрен биологический прототип математического нейрона.

1.2. *Биологический прототип*

Искусственные нейронные сети вдохновляются биологией, потому что они состоят из элементов, функциональные возможности которых аналогичны большинству функций биологического нейрона. Центральная нервная система имеет клеточное строение. Единица — нервная клетка, нейрон. Нейрон состоит из тела клетки (сомы), дендритов, аксона и синапсов.

Тело клетки идентично обычной живой клетки и содержит все присущие ей элементы (ядро, аппарат Гольджи, митохондрии и т.д.).

Уникальной способностью нейрона является прием, обработка и передача

электрохимических сигналов по нервным путям, которые образуют коммуникационную систему мозга. Дендриты идут от тела нервной клетки к другим нейронам, где они принимают сигналы в точках соединения, называемых синапсами. Принятые синапсом входные сигналы подводятся к телу нейрона. Здесь они суммируются, причем одни входы стремятся возбудить нейрон, другие – воспрепятствовать его возбуждению. Когда суммарное возбуждение в теле нейрона превышает некоторый порог, нейрон возбуждается, посылая по аксону сигнал другим нейронам.

У этой основной функциональной схемы много усложнений и исключений, тем не менее, большинство искусственных нейронных сетей моделируют лишь эти простые свойства [5].

1.3. Принцип работы трехмерной нейронной сети

Основное отличие трехмерной нейронной сети от двумерной заключается в способе образования связей между нейронами. Если в классическом случае один нейрон мог общаться только с теми, кто расположен в одной с ним плоскости, то в варианте с объемной архитектурой, нейрон может связываться со всеми нейронами, расположенными в том же пространстве. Следствием этого является увеличение сложности и количества связей в нейронной сети.

Если посмотреть на то, как мозг обрабатывает информацию, то становится заметно, что у него имеется несколько источников информации. Точнее, пять: зрение, слух, обоняние, осязание, вкус.

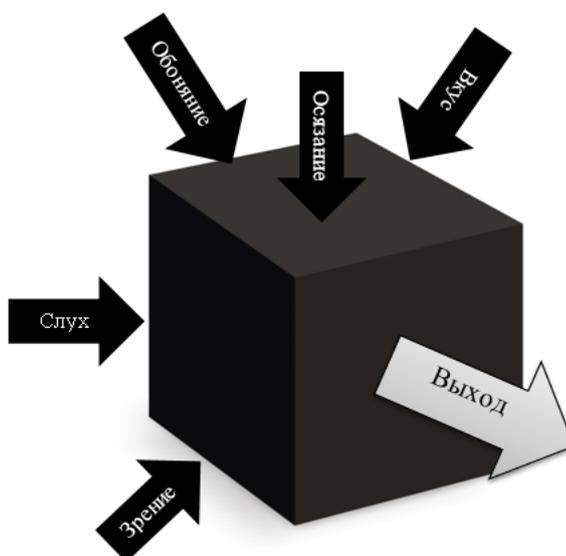


Рис. 1. Представление трехмерной нейронной сети в виде куба

Основываясь на принципах получения информации мозгом, можно перенести его на проектируемую нейронную сеть – информация подается на один, несколько или на все входы, затем внутри нейронной сети происходит ряд вычислений, после чего результат поступает на выход. Исходя из этого, работу трехмерной нейронной сети можно представить в виде куба (рис. 1). Пять граней будут представлять собой входы, а шестая – выход.

Главная причина, почему трехмерная сеть предпочтительнее и перспективнее в моделировании работы мозга заключается в схожести структуры функционирования.

Данная нейронная сеть не предполагает полновязность – т.е. каждый нейрон не будет соединен со всеми остальными. Каждый нейрон будет располагать некоторым радиусом, внутри которого и будут находиться все его связи с другими нейронами. Если в пределах радиуса со всеми нейронами связь образована, то радиус увеличивается до тех пор, пока не станет равным размеру нейронной сети.

Радиус будет объемным и будет выражаться не в каких-либо стандартных физических единицах (сантиметр, например), а в количестве охватываемых нейронов.

Каждая связь имеет свою пропускную способность, выражающуюся в числовом значении сигналов, которые способна передать эта связь за одну итерацию.

При формировании начальной структуры нейронной сети для каждого узла (нейрона) выбираются нейроны, в пределах радиуса, для создания связи между этими узлами.

Таким образом, получается структура в виде куба, связи между нейронами которого имеют различное количество связей при каждой новой генерации нейронной сети, в зависимости от настроек пользователя.

На рисунке 2 можно видеть организационно-структурную схему разрабатываемой автоматизированной системы.

Как видно из схемы, система подразумевает использование внешнего модуля в виде библиотеки Keras, которая потребуется для качественного обучения и сбора данных по итогам вычислительных экспериментов.

1.4. Визуализация структуры нейронной сети.

При работе с системой планируется отображать процесс распространения сигналов внутри сети при помощи модуля визуализации. На текущий момент данный модуль реализован при помощи графического движка Unity.

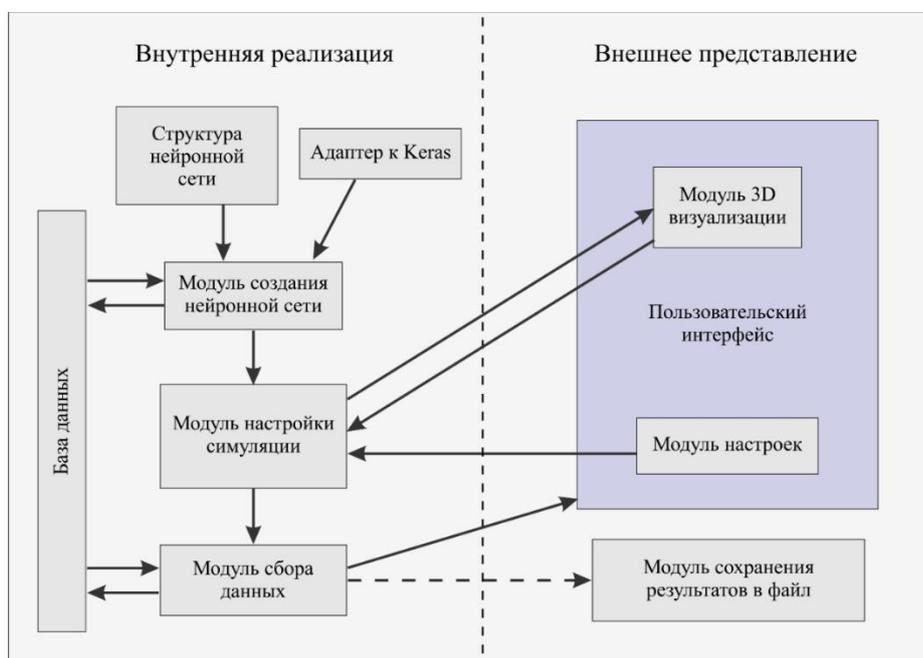


Рис. 2. Организационно-структурная схема системы

На рисунках 3 и 4 можно увидеть наглядное представление структуры сети, представленной в виде куба, где зеленым цветом выделен выходной слой, а оставшиеся грани являются входными.

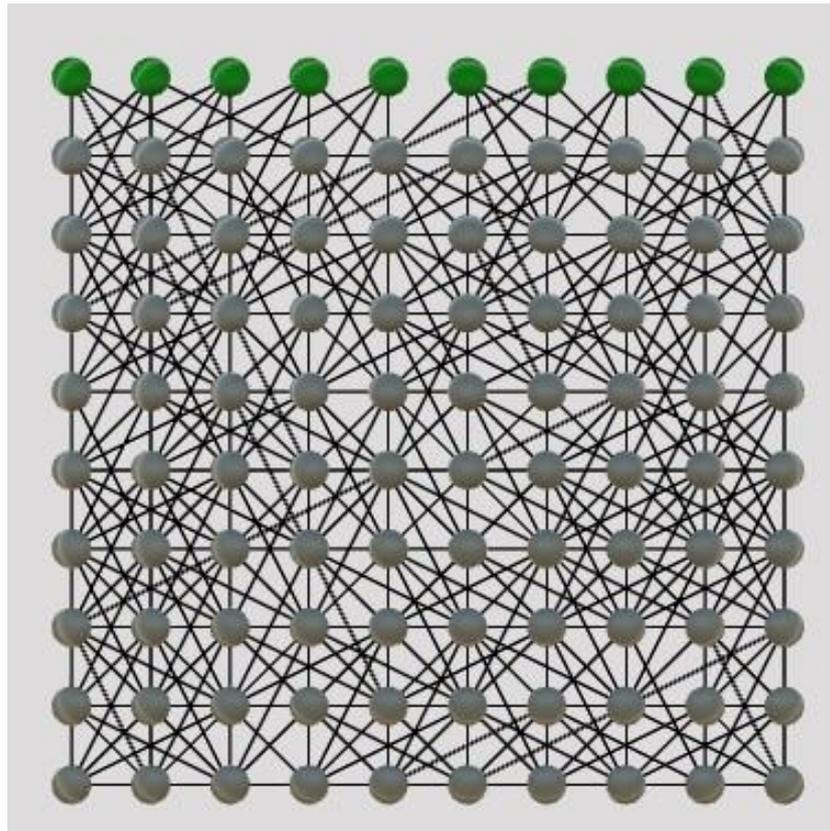


Рис. 3. Визуализация структуры сети, вид спереди

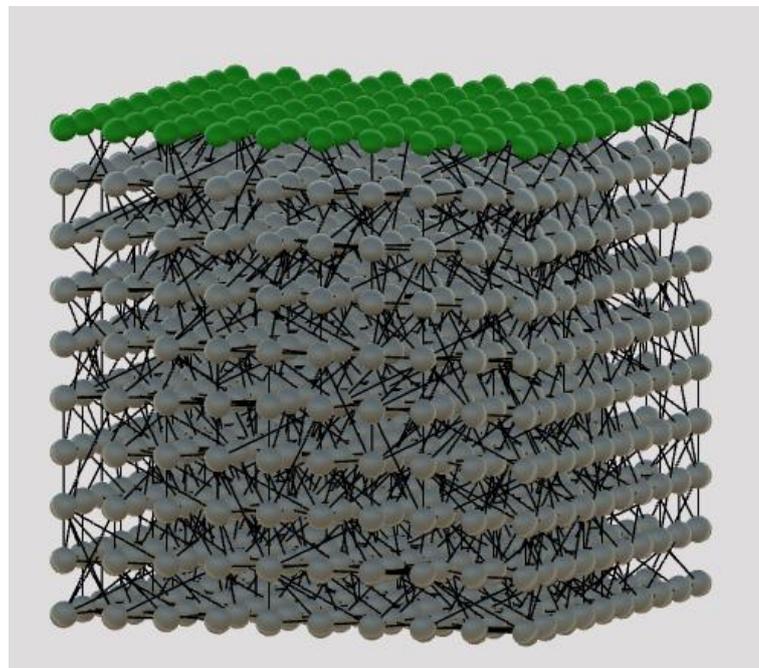


Рис. 4. Визуализация структуры сети, вид под углом

Данный модуль позволяет визуализировать и оценивать работу системы.

После окончания проведения экспериментов будет возможность оценить распространение сигнала на выходной слой и сделать выводы исходя из выявленных закономерностей. Данные о распределении сигнала будут представлены в виде диаграммы, что упрощает понимание (рис. 5).

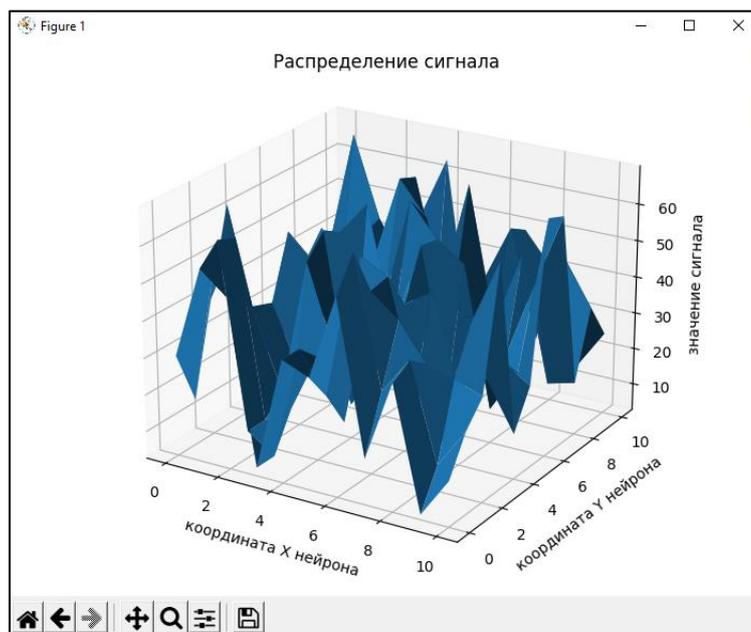


Рис. 5. Диаграмма распределения выходного сигнала

Данная диаграмма в наглядной форме отображает профиль сигнала на выбранном слое.

1.5. Математическое обеспечение

Математическая модель, реализуемая в программном комплексе, имеет следующий вид:

$$Y = P(\sum_{i=1}^n x_i) \quad (1)$$

где Y – вектор выходных сигналов $\{y_1, y_2, y_3, \dots, y_n\}$, x_i – входной сигнал, P – оператор формирующий вектор выходных сигналов Y .

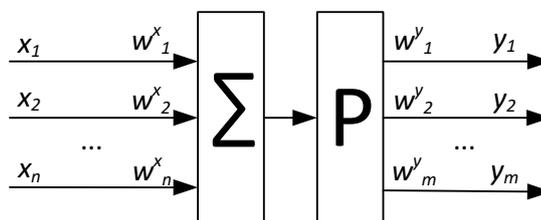


Рис. 6. Функциональная схема нейрона

На рисунке 6 изображена функциональная схема нейрона, где $\{w^x_1, w^x_2, \dots, w^x_n\}$ – пропускная способность входящих связей, $\{w^y_1, w^y_2, \dots, w^y_m\}$ – пропускная способность исходящих связей нейрона. Данные значения являются весами нейрона.

Пусть входной сигнал будет обозначен как I . Входной сигнал равен сумме сигналов, пришедших по входным связям.

$$I = \sum_{i=1}^n x_i \quad (2)$$

Оператор P равномерно распределяет входной сигнал по исходящим связям, то есть оператор P формирует такой вектор $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_m\}$, что сумма сигналов исходящих связей равна входному сигналу I .

$$I = \sum_{j=1}^m y_j \quad (3)$$

Сумму пропускной способности исходящих связей нейрона будем называть пропускной способностью нейрона и обозначать W^y .

$$\sum_{j=1}^m w_j^y = W^y \quad (4)$$

В случае, если $I > W^y$, т.е. входной сигнал больше пропускной способности нейрона, то формируется дополнительные исходящие связи, до тех пор, пока $I \leq W^y$.

1.6. Вычислительные эксперименты

Проводится эксперимент на примере символов дорожных знаков. Поочередно, на каждую из входных граней куба подаётся изображение в виде знака «главная дорога» (ромб) и «уступи дорогу» (перевернутый треугольник). Входной сигнал будет формироваться в виде матрицы 10 на 10, заполненной 0 и 1, где сам знак будет нарисован цифрой 1 и для нейрона это будет означать наличие сигнала на входе.

В качестве настроек сети задаётся размерность куба – 10 и количество связей от 3 до 5. В итоге обучения сети при помощи шаблона сигнала в виде ромба, на каждую из входных граней образовалось 16 новых связей. Исходя из этого, при подаче данного шаблона на любую из входных граней получаются следующие результаты (рис.7) в процентах, где за 100 процентов взято максимальное число сигналов на выходном слое.

Распределение выходного сигнала

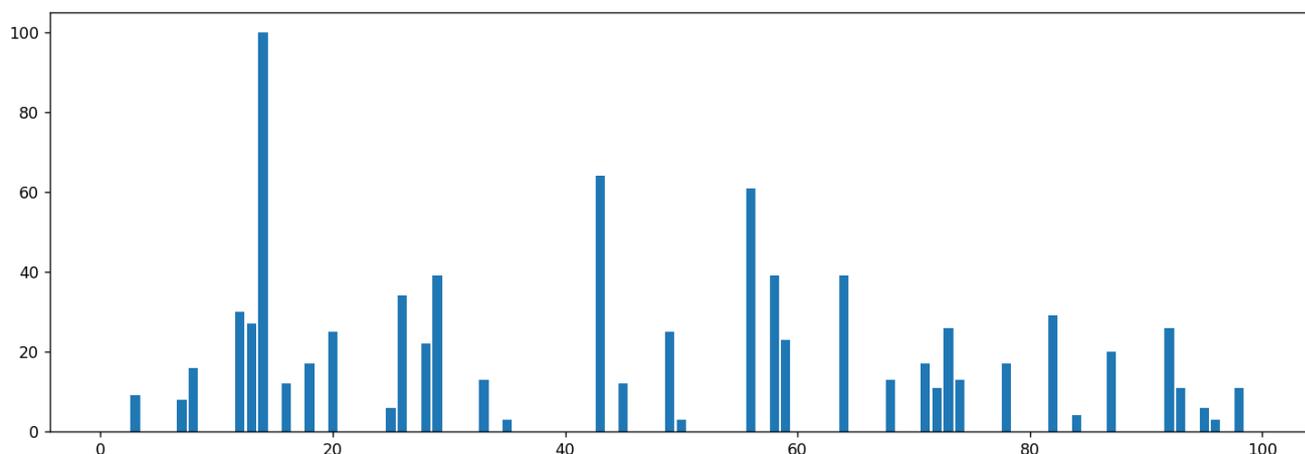


Рис. 7. Пример распределения выходного сигнала при подаче сигнала в виде ромба

Как видно из результатов на нейрон с номером 13 выходного слоя приходится максимальное количество сигналов.

Далее проводится аналогичный эксперимент, но с другим шаблоном сигнала в виде перевернутого треугольника. После обучения сети данным шаблоном получается 7 новых связей и при подаче на любую из входных граней сигнала получается следующее распределение (рис. 8).

Распределение выходного сигнала

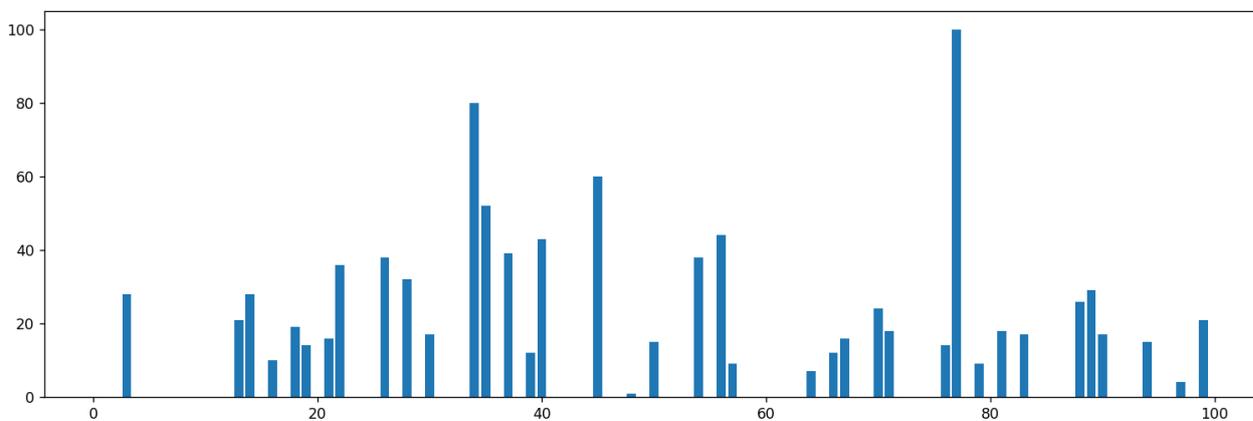


Рис. 8. Пример распределения выходного сигнала при подаче сигнала в виде треугольника

При использовании шаблона сигнала в виде треугольника, стабильный показатель наблюдается на нейроне 76.

По результатам эксперимента, можно сделать вывод, что сеть демонстрирует способность к обучению и распознаванию образов. В дальнейшем планируется улучшить механизм обучения сети для достижения стабильных результатов распознавания и провести более сложные и показательные эксперименты.

Заключение. Начальная версия автоматизированной системы была разработана при помощи нескольких программных средств: среда разработки Microsoft Visual Studio, где был написан код на C#, среда разработки Unity, при помощи которой создавалась визуализация работы нейронной сети, а также СУБД SQL Server Management Studio.

Реализованная на данный момент система не полностью обеспечивает требуемый от нее функционал по непосредственному моделированию нейронной сети и проведению различных вычислительных экспериментов. По этой причине система будет дорабатываться: большая часть программного обеспечения будет переписана с языка программирования C# на Python, далее, при помощи Keras и других полезных сторонних модулей, будет проведено обучение сети и, в дальнейшем, будет выполняться сбор данных по результатам моделирования нейронной сети.

Литература:

1. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. 2-е изд. – М.: И.Д. Вильямс, 2006. – 1104 с.
2. Система создания и симуляции работы нейронных сетей [Электронный ресурс]: NetMaker. – Режим доступа: <https://www.ire.pw.edu.pl/~rsulej/NetMaker/index.php> (дата обращения 19.03.2022).
3. Штутгартский симулятор нейронных сетей [Электронный ресурс]: SNNS – Режим доступа: <http://www.ra.cs.uni-tuebingen.de/SNNS/welcome.html> (19.03.2022).
4. Система Simbrain [Электронный ресурс]: SIMBRAIN – Режим доступа: <https://simbrain.net> (19.03.2022).
5. Осовский С. Нейронные сети для обработки информации. – М.: Финансы и Статистика, 2002. – 344 с.

УДК 004.41

МЕТОДЫ, СРЕДСТВА, ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ, МОДЕЛИРУЮЩЕЙ ДВИЖЕНИЕ КРОВИ В НИЖНЕЙ ПОЛОЙ ВЕНЕ ЧЕЛОВЕКА

Бусыгин И.С., магистрант, busygin@edu.surgu.ru
*Научный руководитель: Урманцева Н.Р., ст. преподаватель кафедры АСОИУ,
Сургутский государственный университет, Сургут, Россия*

Аннотация. В данной статье описывается актуальность повышения эффективности методов и средств по выявлению заболевания хронической венозной недостаточности. Предмет исследования – математическое и программное обеспечения для выявления заболевания сосудов нижних конечностей человека. Целью данной работы является повышение эффективности методов и средств по выявлению заболеваний хронической венозной недостаточности. В качестве методов исследования были использованы: аналитический метод, графический метод, алгоритмическое моделирование. В результате были рассмотрены методы симуляции жидкостей. Произведён обзор средств для моделирования гидродинамики крови.

Ключевые слова: хроническая венозная недостаточность, гидродинамика, моделирование гемодинамики, SimVascular, Unreal Engine

METHODS, TOOLS, SOFTWARE OF A SYSTEM THAT SIMULATES THE MOVEMENT OF BLOOD IN THE INFERIOR VENA CAVA OF A PERSON

Busygin I.S., undergraduate student, busygin@edu.surgu.ru
*Scientific supervisor: Urmantseva N.R., Senior Lector of Department ADPSC,
Surgut State University, Surgut, Russia*

Annotation. This article describes the relevance of improving the effectiveness of methods and means for detecting the disease of chronic venous insufficiency. The subject of the study is mathematical and software for detecting vascular diseases of the lower extremities of a person. The purpose of this work is to increase the effectiveness of methods and tools for the detection of diseases of chronic venous insufficiency. The following research methods were used: analytical method, graphical method, algorithmic modeling. As a result, methods of fluid simulation were considered. A review of tools for modeling blood hydrodynamics has been carried out.

Keywords: chronic venous insufficiency, hydrodynamics, hemodynamic modeling, SimVascular, Ansys, Unreal Engine

Введение. В настоящее время, по данным Всемирной организации здравоохранения, стержневой проблемой современного здравоохранения являются сердечно-сосудистые заболевания. Заболевания системы кровообращения являются лидирующей причиной смертности в развитых странах. Нарушение венозного оттока из нижних конечностей, в большинстве случаев протекающее в форме хронической венозной недостаточности – самая часто встречающаяся патология сосудов у человека.

Актуальность темы обусловлена тем, что с одной стороны, в Российской Федерации порядка 1000000 человек инвалидизировано вследствие наличия различных заболеваний вен нижних конечностей, и диагностика данной патологии на ранних стадиях почти не проводится. С другой стороны, отсутствуют методы, средства, программное обеспечение для моделирования гидродинамических процессов оттока крови в бассейне нижней полой вены.

Наиболее значимыми с точки зрения бремени болезни и, соответственно, уровня затрат системы здравоохранения на лечение являются те формы хронических заболеваний вен, которые сопровождаются нарушением оттока из глубоких вен нижних конечностей и магистральных вен забрюшинного пространства. До недавнего времени помочь этим пациентам было весьма проблематично ввиду сложности диагностики и непредсказуемости результатов оперативного лечения.

Одновременно, необходимо подчеркнуть, что отсутствие адекватного понимания механизмов оттока крови венозной крови из нижних конечностей порождает отсутствие сколь либо надежных методов лечения таких больных. Попытки хирургической коррекции переоцененных стенозов в венах будут продолжать носить хаотический характер до тех пор, пока не появится более-менее надежная модель венозного оттока, обладающая предсказательной силой.

Цель работы заключается в том, чтобы повысить эффективность методов и средств по выявлению заболеваний хронической венозной недостаточности.

Задачи исследования:

1. Выбор и утверждение темы. Поиск литературы, методов и средств реализации проекта. Исследование предметной области. Формулирование цели работы и научно-технических задач. Формулирование области, объекта и предмета исследования.

2. Выполнение обзора методов и средств компьютерного моделирования гидродинамики жидкости с определённой реологией.

3. Выполнение обзора прямых и косвенных аналогов разрабатываемого программного продукта. Выбор среды и технологии разработки.

4. Разработка алгоритмов обработки и анализа неинвазивных исследований пациента для определения ключевых параметров моделирования.

5. Проектирование и разработка информационной системы, позволяющей моделировать гидродинамические процессы оттока крови в бассейне нижней полой вены, отладка, тестирование разработанной системы. Формулирование требований к аппаратному и программному обеспечению для развертывания ИС.

Теоретическая значимость работы заключается в том, что полученные результаты могут быть использованы для реализации смежных проектов, в состав которых входят задачи по моделированию гидродинамических процессов.

Практическая значимость работы заключается в том, что система, предназначенная для моделирования движения крови, позволит вычислять кровотоки в любой точке сосудистого русла и прогнозировать поведение сосуда до и после хирургического вмешательства. Причём полученные результаты работы предназначены не только для виртуального имитирования и оценке исходов оперативного лечения у пациентов с хроническими заболеваниями вен нижних конечностей, но и для учебных и научных целей.

Материалы и методы. Вена – кровеносный сосуд, по которому кровь поступает к сердцу. В отличие от артерий, вены не разносят кровь к органам и тканям организма, а собирают её от них и несут в противоположном направлении по отношению к артериям [1]. Движение крови по венам обуславливается по ряду причин: перемещение тела в пространстве, работа сердца, наличие разности давления в полостях во время вдоха, мышечные сокращения и по ряду других причин.

Обратному оттоку венозной крови по венам препятствуют венозные клапаны, которые являются особенностью венозной стенки.

Отток венозной крови начинается по посткапиллярным венулам, которые продолжают в вены. В конечном счёте, вены объединяются в венозную систему, частью которой является нижняя полая вена. Нижняя полая вена является наиболее крупной веной всего организма. Образуется слиянием правой и левой общих подвздошных вен [2].

Нижняя полая вена – это нижняя из двух полых вен, двух крупных вен, которые несут деоксигенированную кровь от тела к правому предсердию сердца: нижняя полая вена несет кровь из нижней половины тела в то время как верхняя полая вена несет кровь от верхней половины тела. Она собирает венозную кровь от стенок брюшной полости, нижних конечностей, стенок

органов малого таза и парных органов брюшной полости и печени, то есть от нижней части тела [3].

Основное отличие нижней полой вены от других вен – отсутствие клапанов, которые обычно обеспечивают прямолинейность кровотока по направлению от конечностей к сердцу. В других венах есть клапаны, которые закрываются, когда кровь проходит мимо них [4].

Через систему кровообращения нижней полой вены проходит 70% всей венозной крови. Поэтому нарушение проходимости по этому крупному сосуду ведёт к системным нарушениям гемодинамики и ухудшению венозного оттока из нижних конечностей [5].

Гемодинамика – движение крови по сосудам, возникающее вследствие разности гидростатического давления в различных участках сосудистой системы [6].

Гемореология – реология крови, которая занимается изучением биофизических особенностей и механических закономерностей крови, изменениями свойств крови на различных участках при циркуляции на различных скоростях, а также свойств самой крови [7].

Характер кровотока разделяют на ламинарный и турбулентный. Течение крови в венах ламинарное, но в месте впадения двух вен в одну возникают вихревые потоки, перемешивающие кровь, её состав становится однородным. Режим течения жидкости зависит от свойств жидкости, размера сосуда, скорости течения [8].

Все методы симуляции жидкостей основаны на уравнениях Навье - Стокса. Это система дифференциальных уравнений в частных производных, описывающих движение жидкости [9]. Они также применяются для моделирования других явлений, как например, дым и огонь. В векторном виде для жидкости они записываются следующим образом:

$$\frac{\partial \vec{v}}{\partial t} = -\vec{v} * (\nabla \vec{v}) + \nu \Delta \vec{v} - \frac{1}{\rho} \nabla p + \vec{f} \quad 1)$$

где ∇ – оператор набла, Δ – векторный оператор Лапласа, t – время, ν – коэффициент кинематической вязкости, ρ – плотность, p – давление, $\Delta \vec{v}$ – векторное поле скоростей, \vec{f} – векторное поле массовых сил.

Существует несколько конкурирующих методов моделирования жидкости, каждый из которых имеет свои преимущества и недостатки:

- 1) метод конечных разностей;
- 2) метод конечных объёмов;
- 3) метод решёточных уравнений Больцмана.

Результаты и их обсуждения. Ansys – универсальная программная система конечно-элементного анализа, существующая и развивающаяся на протяжении последних 30 лет, является довольно популярной у специалистов в сфере автоматизированных инженерных расчётов.

Ansys использует метод конечных элементов. Ansys Fluent – программный модуль, обладающий обширным функционалом в области вычислительной динамики жидкостей и газов [10].

Данный модуль полностью интегрирован в рабочую среду Ansys Workbench - платформу, объединяющую весь набор средств инженерного моделирования компании Ansys. Главное окно приложения представлено на рис. 1

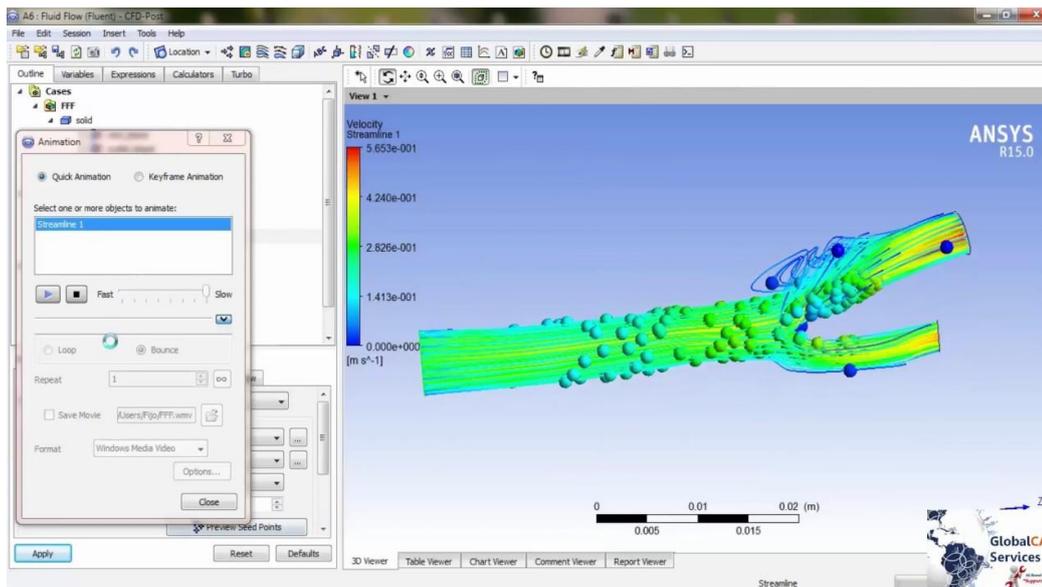


Рис.1. Главное окно приложения ANSYS

Mimics Innovation Suite – это комплексное программное обеспечение, предназначенное для анатомического проектирования, исследований и анализа. Программа позволяет выполнять анализ методом конечных элементов и вычислительную гидродинамику, создавать сетчатые структуры и др. Также можно выделить такие функциональные возможности:

- получение 3D-модели внутренних органов или скелета человека для наилучшего понимания анатомии;
- предоперационное планирование: виртуальное моделирование операций;
- анатомические исследования: от простых линейных, угловых или объемных измерений до сложного анализа деформаций методом конечных элементов или вычислений характеристик потоковых процессов [11].

Программный пакет Mimics Innovation Suite содержит полный набор инструментов, специально разработанных для биомедицинской отрасли, позволяет осуществлять выполнение множества технических операций, начиная с отображения медицинских данных и заканчивая созданием трехмерных моделей частей тела пациента. Главное окно приложения представлено на рис. 2.



Рис.2. Главное окно приложения Materialise Mimics Innovation Suite

Unity – межплатформенная среда разработки компьютерных игр, разработанная американской компанией Unity Technologies. Unity позволяет создавать приложения, работающие под более чем 20 различными операционными системами, включающими персональные компьютеры, игровые консоли, мобильные устройства, интернет-приложения и другие [12].

В интерфейсе (рис. 3) есть несколько разделов, которые отвечают за разные элементы разработки – ассеты (шаблоны элементов), игровые объекты, настройку их свойств и параметров.

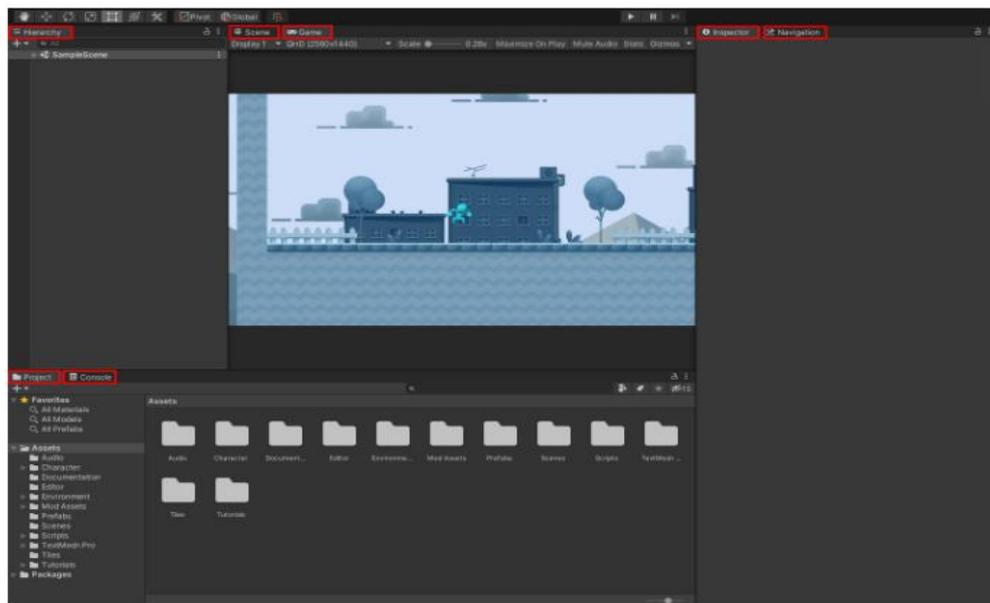


Рис. 3. Главное окно Unity

Основными преимуществами Unity являются наличие визуальной среды разработки, межплатформенной поддержки и модульной системы компонентов.

К недостаткам относят появление сложностей при работе с многокомпонентными схемами и затруднения при подключении внешних библиотек.

Unreal Engine – игровой движок, разрабатываемый и поддерживаемый компанией Epic Games. Написанный на языке C++, движок позволяет создавать игры для большинства платформ и операционных систем.

Разработка в Unreal Engine проста для начинающих. С помощью системы визуального создания скриптов Blueprints Visual Scripting можно создавать готовые игры с помощью «no-code» подхода. В сочетании с удобным интерфейсом это позволяет быстро изготавливать рабочие прототипы [13].

Редактор разделён на несколько панелей (рис. 4): Content Browser, Modes, World Outliner, Details, Toolbar, Viewport [14].

Некоторые из основных преимуществ использования Unreal Engine:

- Пользовательский интерфейс Unreal Engine постоянно обновляется с использованием новейших инструментов и опций;
- Используются простые коды и используются узлы, называемые Blueprints;
- Используется язык программирования C++ [15].
- Blender – профессиональный пакет для создания трёхмерной графики, развиваемый некоммерческой организацией Blender Foundation. В настоящее время Blender – один из наиболее популярных пакетов для работы с трёхмерной графикой. Программа распространена на всех платформах, имеет открытый исходный код и доступна бесплатно всем желающим, включая версию на русском языке [16].

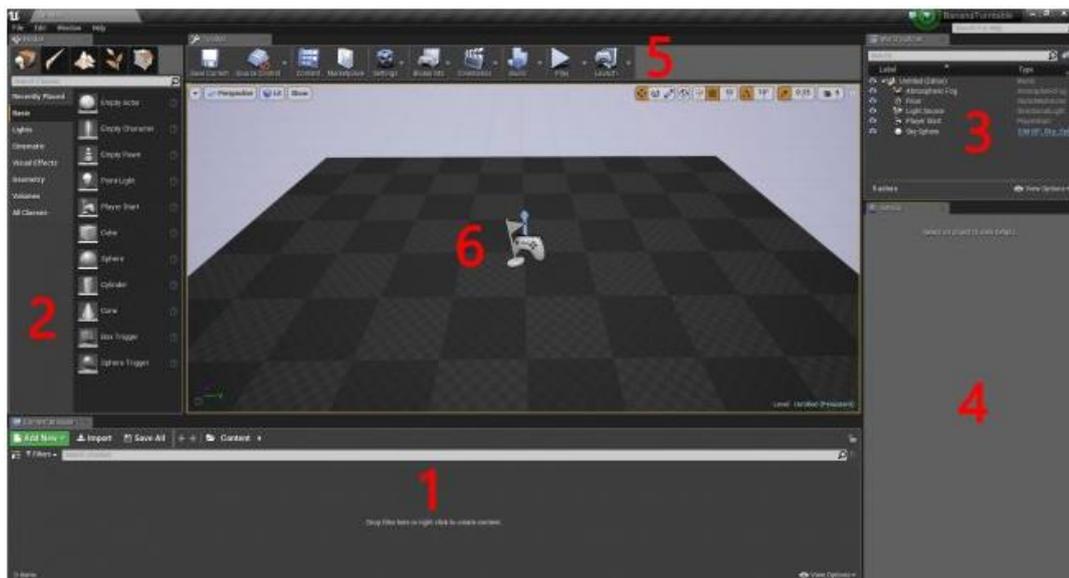


Рис. 4. Главное окно Unreal Engine

Блендер имеет оконный интерфейс (рис. 5). Конфигурация окон: информация, 3д сцены, основное окно построений, структура проекта, свойства, шкалы времени [17].

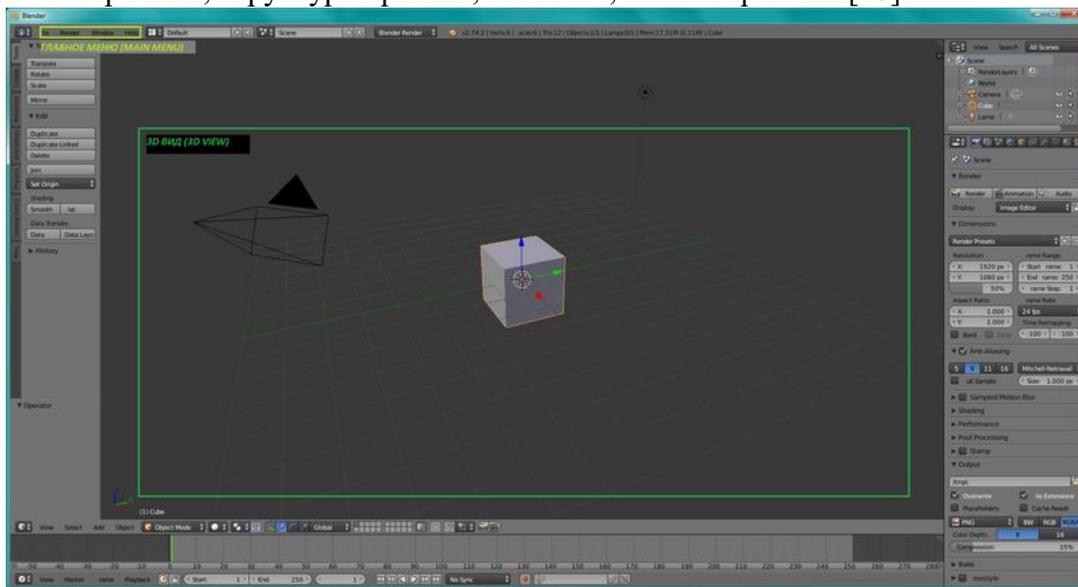


Рис. 5. Главное окно приложения

Программа Blender неоднократно обновлялась и дополнялась новыми функциями.

Достоинства Blender:

1. Функциональность
2. Универсальность.
3. Движок Eevee, позволяющий в режиме реального времени просматривать все текстуры и наложенные эффекты.
4. Продвинутый UI.

Недостатки Blender:

1. Инструменты могут быть не такими мощными, как того требует рабочий процесс.
2. Частые обновления.

Регулярная доработка и изменения, несомненно, повышают актуальность программы.

Было рассмотрено несколько средств для компьютерного моделирования гидродинамики крови. Для реализации системы был выбран Unreal Engine. Данный движок имеет широкий

функционал. Написанный на языке C++ движок, позволяет создавать кроссплатформенные, быстрые решения с наилучшей симуляцией физики. Также, имеется возможность работать с библиотеками Tensorflow и Openvdb [18]. Низкий порог входа и наличие бесплатной лицензии, так же являются большим преимуществом.

Выводы: сформулированы цели работы и научно-технические задачи. Описана актуальность повышения эффективности методов и средств выявления заболеваний хронической венозной недостаточности; рассмотрены методы симуляции жидкостей; проведён обзор аналогов разрабатываемой системы и средств моделирования гидродинамики крови.

В дальнейшем планируется разработка алгоритмов обработки и анализа неинвазивных исследований пациента для определения ключевых параметров моделирования. Также планируется проектирование и разработка информационной системы, позволяющей моделировать гидродинамические процессы оттока крови в бассейне нижней полой вены, отладка, тестирование разработанной системы.

Литература:

1. Анатомия сердечно-сосудистой системы [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.gipertonik.ru/what-is-hypertension>.
2. Система нижней полой вены: Учеб. пособие для студентов [Электронный ресурс]: https://www.bsmu.by/downloads/kafedri/k_neuro/metod_rem15.pdf.
3. Бассейн нижней полой вены: Библиотека лекционного материала [Электронный ресурс]: <https://lektsiopedia.org/lek-452.html>.
4. Анатомия нижней полой вены [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.verywellhealth.com/inferior-vena-cava-anatomy-4688365>.
5. Byrne M., Mannis G.N., Nair J., Andreadis C. Inferior vena cava filter thrombosis. Clin Case Rep. 2016; 4(2):162-4. doi:10.1002/ccr3.418
6. Википедия [Электронный ресурс]: Гемодинамика. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki>.
7. Абакумов М.В., Гаврилюк К.В. и др. Математическая модель гемодинамики сердечно-сосудистой системы. Дифференциальные уравнения, 1997, 33(7). С. 892–898.
8. Фундаментальная и клиническая физиология. – М.: Academia, 2004. – 1080 с.
9. Мазо А.Б., Поташев К.А. Гидродинамика: Учеб. пособие для студентов: https://kpfu.ru/docs/F532287718/Mazo_Potashev_Gidrodinamika.pdf.
10. Приложение для моделирования ansys [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://www.ansys.com/>.
11. Приложение для моделирования Materialise Mimics Innovation Suite [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.materialise.com/en/medical/mimics-innovation-suite>.
12. Web-proger Unity [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://web.spt42.ru/index.php/что-такое-unity-3d>.
13. Web-proger Unreal Engine [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://web.spt42.ru/index.php/что-такое-unreal-engine>.
14. Тьюториал по Unreal Engine [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://habr.com/ru/post/344394/>.
15. Unreal Engine [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://ru.education-wiki.com/5231353-what-is-unreal-engine>.
16. Пакет для создания 3D моделей Blender [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.blend4web.com/ru/technologies/blender/>.
17. Junior Blender 3D [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://junior3d.ru/article/blender-3d.html>.
18. Добавление поддержки openvdb в unreal [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://www.eidosmontreal.com/news/adding-openvdb-support-to-unreal/>.

Проблемы и решения автоматизации XXI века:
VI Национальная научно-практическая студенческая конференция: Сургут, СурГУ, 24-25 февраля 2023 г.

Научное издание

**ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ
АВТОМАТИЗАЦИИ XXI ВЕКА**

*Материалы
VI Национальной научно-практической
студенческой конференции*

Редактор А.А. Исаев

БУ ВО ХМАО-Югры «Сургутский государственный университет»
628400, Россия, Ханты-Мансийский автономный округ,
г. Сургут, пр. Ленина, 1.
Тел. (3462) 76-29-00, факс (3462) 76-29-29