

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования «Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»
Институт информационных технологий



ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

**61-я научная конференция
аспирантов, магистрантов и студентов**

СБОРНИК СТАТЕЙ

21–25 апреля 2025 года
Минск, ИИТ БГУИР

УДК 004+ 621.3
ББК 32.97+32.81

Информационные системы и технологии : сборник статей 61-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов (Минск, 21-25 апреля 2025 г.) / Институт информационных технологий Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники; редкол. : А. И. Парамонов [и др.] – Минск, 2025. – 131 с.; ил.

В сборнике представлены статьи по материалам докладов 61-й научной конференции аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР (секция «Программная и компьютерная инженерия»).

Сборник может быть полезен аспирантам, магистрантам, студентам высших учебных заведений, научным и инженерно-техническим работникам, преподавателям.

Редакционная коллегия:

А.И. Парамонов, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой информационных систем и технологий ИИТ БГУИР (председатель секции «Программная и компьютерная инженерия»).

М.Л. Маковский, заместитель декана ФКТ ИИТ БГУИР (председатель комиссии по организации и проведению конференции «Информационные системы и технологии»).

С.В. Власюк, ведущий специалист ФКТ ИИТ БГУИР (заместитель председателя комиссии по организации и проведению конференции «Информационные системы и технологии»).

И.И. Шпак, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий ИИТ БГУИР.

С.А. Медведев, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий ИИТ БГУИР.

О.Ю. Кунцевич, кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры информационных систем и технологий ИИТ БГУИР.

О.А. Шведова, магистр технических наук, старший преподаватель кафедры информационных систем и технологий ИИТ БГУИР.

А.Г. Савенко, магистр технических наук, старший преподаватель кафедры информационных систем и технологий ИИТ БГУИР.

Ответственность за достоверность публикуемых материалов несут их авторы.

© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», Институт информационных технологий, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

1 ПРОГРАММНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОБЁРТКИ КОНФЕТ	5
2 ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ТОВАРОВ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ПО ПРОДАЖЕ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ	9
3 ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КИБЕРСПОРТА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	14
4 ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» НА ОСНОВЕ ЧАТ-БОТА TELEGRAM	18
5 СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ	21
6 ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ АДАПТИВНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА	26
7 ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ	30
8 ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ КАРТОЙ ПАЦИЕНТА	34
9 МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ВОДГЛЯД» ДЛЯ СОЗДАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОЦЕНКАМИ И ОБЗОРАМИ ТОВАРОВ НА ПЛАТФОРМЕ FLUTTER	37
10 ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ СТЕГАНОГРАФИИ В АУДИОФАЙЛАХ	41
11 ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ОБМЕНА ГОЛОСОВЫМИ СООБЩЕНИЯМИ МЕЖДУ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ НА ОСНОВЕ HTTP-ИНТЕРФЕЙСА TELEGRAM BOT API	46
12 ВЕБ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ ЛОГОПЕДОВ И ДЕТЕЙ С НАРУШЕНИЯМИ РЕЧИ	50
13 ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕТА КАЛОРИЙ И МОНИТОРИНГА ПИТАНИЯ	53
14 МОДЕЛИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ КОЖНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЧЕЛОВЕКА	57
15 МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ КОЖИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАМПЫ ВУДА	62
16 ГРАФОВЫЕ И АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА	67
17 МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО КОНТЕКСТА ФРАГМЕНТОВ ТЕКСТА	72

18 СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ФЛОЙДА-УОРШЕЛЛА И ДЕЙКСТРЫ ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ КРАТЧАЙШИХ ПУТЕЙ ВО ВЗВЕШЕННОМ ГРАФЕ	76
19 СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА	80
20 ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЦЕН НА МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОССТРОЙПОРТАЛА	88
21 ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ СОРЕВНОВАНИЙ ПО ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОМУ СПОРТУ	91
22 ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ	95
23 СОГЛАСОВАНИЕ J-АНТЕННЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ ИМПЕДАНСА	99
24 АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ РАССЕЯНИЯ МАЛОРАЗМЕРНОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА DJI PHANTOM 3 PRO	103
25 ПРИЕМНАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА X-ДИАПАЗОНА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ПИТАНИЕМ	108
26 ОБНАРУЖЕНИЕ И ОТСЛЕЖИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ НА RASPBERRY PI ПРИ ПОМОЩИ ПОРОГОВОЙ СЕГМЕНТАЦИИ И CSRT-ТРЕКЕРА	111
27 МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ УСИЛЕНИЯ МОЩНОСТИ ВЧ В РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ AWR	115
28 ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ	119
29 ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО РАДИОПРИЕМНИКА НАСК-RF ONE ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ БПЛА	123
30 ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА КРУГЛОЙ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ВХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ МОНОПОЛЬНОЙ АНТЕННЫ В ДИАПАЗОНЕ 2,4–2,5 ГГц	126

УДК 004.421:658.562

ПРОГРАММНОЕ РЕШЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ОБЁРТКИ КОНФЕТ

Антонович В.А., студент гр.181071

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Парамонов А.И. – канд. техн. наук, доцент, зав. каф. ИСиТ

Аннотация. Представлено программное решение для автоматизации контроля качества обертки конфет с использованием технологий компьютерного зрения. Основная задача — выявление дефектов упаковки в реальном времени посредством нейронной сети YOLOv5. Решение построено на архитектуре Python с применением библиотек OpenCV, PyTorch, NumPy и PyQt5. Реализован удобный графический интерфейс для взаимодействия оператора с системой. Проведённые испытания подтвердили высокую точность выявления дефектов и способность интеграции в реальные условия производства. Это позволит существенно повысить качество продукции, снизить расходы и обеспечить эффективный мониторинг процесса упаковки.

Ключевые слова. Машинное обучение, Компьютерное зрение, YOLOv5, упаковка конфет, автоматизация контроля, OpenCV, дефекты упаковки, пищевая промышленность.

Введение.

Современные производственные процессы в условиях жесткой конкуренции требуют внедрения эффективных методов контроля качества продукции, что особенно актуально для пищевой промышленности. Качество упаковки, например, является важным критерием, непосредственно влияющим на восприятие товара потребителем. Недостатки в упаковке могут привести не только к снижению потребительского интереса, но и к рискам для безопасности продукции.

Традиционные способы контроля, основанные на ручной проверке, обладают рядом ограничений. Это и низкая скорость обработки, и человеческие ошибки, и высокие трудозатраты. В последние годы наметилась тенденция к автоматизации этих процессов с использованием технологий компьютерного зрения [1], что позволило значительно повысить точность и скорость выявления дефектов, а также на минимизацию влияния человеческого фактора с целью уменьшения трудоёмкости «ручного» труда, уменьшения затрат производства и др. Автоматизированные системы контроля становятся особенно актуальными в пищевой промышленности, где высокие требования к качеству продукции и безопасности требуют применения более точных и эффективных методов.

В рамках данного дипломного проекта поставлена цель создать программное решение для автоматического контроля качества упаковки конфет с использованием методов компьютерного зрения. Разработка направлена на автоматизацию процессов контроля, что поможет снизить издержки, повысить качество продукции и ускорить процессы проверки на производстве. В основном на предприятиях используется «ручная» проверка качества продукции, поэтому движение в сторону автоматизации является актуальной и необходимой задачей.

Основная часть.

Для автоматизации процесса контроля качества был выбран подход с использованием методов компьютерного зрения. Задача системы заключается в автоматическом выявлении дефектов обёртки конфет на производственной линии, таких как повреждения, дефекты формы и другие аномалии, которые могут возникнуть во время упаковки конфет.

Процесс работы программного средства начинается с выбора вида конфеты оператором. Это необходимо для того, чтобы система могла загрузить заранее обученную модель, которая была обучена для определения дефектов конкретного типа конфеты. После выбора конфеты оператор запускает процесс контроля качества, и система начинает работать в реальном времени, захватывая и обрабатывая изображения с камеры, расположенной на производственной линии. Процесс захвата и обработки изображений включает несколько ключевых этапов, каждый из которых имеет своё значение в общей системе. На первом этапе система захватывает изображения с видеопотока, а затем выполняет действия по их предварительной обработке (например, изменение размера, цвет коррекция, поворот, выравнивание и прочее). После этого выполняется анализ изображения для дальнейшего мониторинга и обнаружения дефектов обёртки.

Для проектирования и реализации программного решения был проведен анализ проблемы и по его результат проведено моделирование бизнес-процессов. На рисунке 1 представлена диаграмма декомпозиции бизнес-функции «Автоматизированный процесс контроля качества обёртки» в представлении «как-надо». Построение функциональной модели позволило описать функциональную спецификацию требований к программному средству.

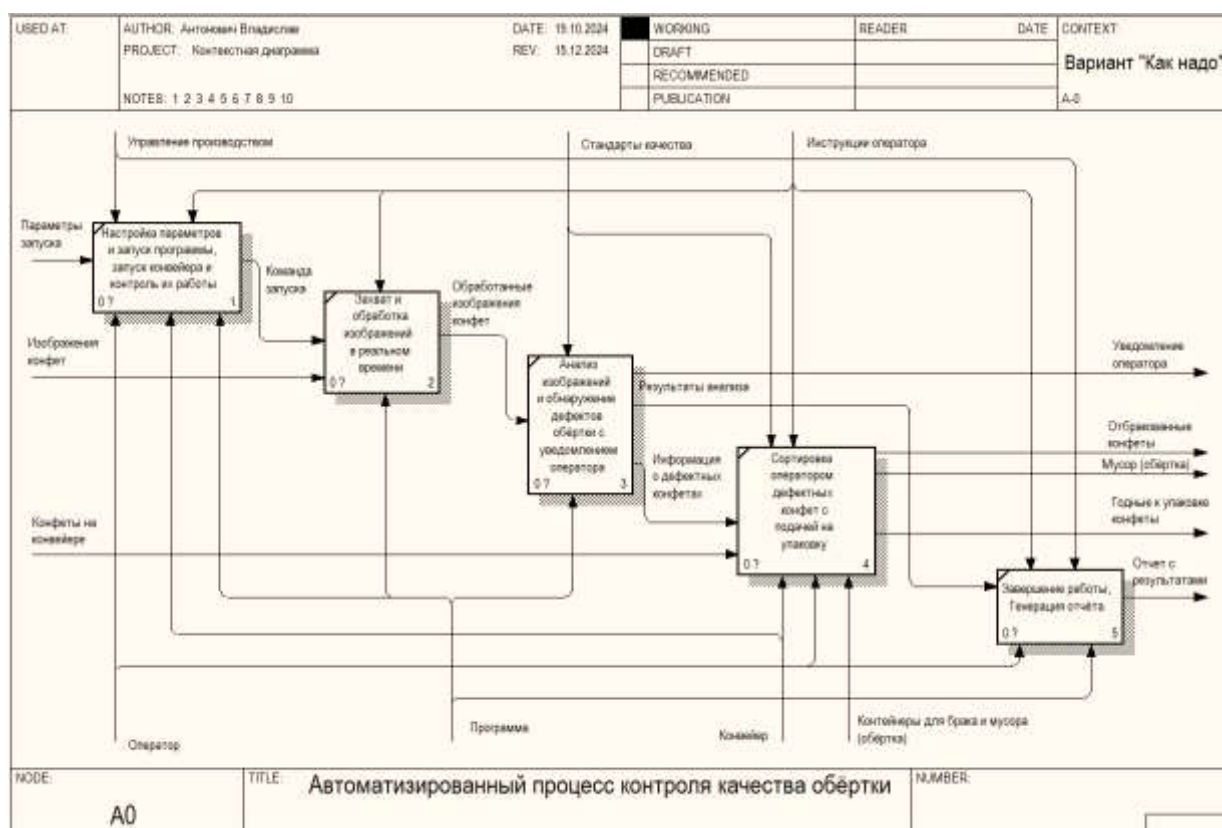


Рисунок 1 – Диаграмма развёртывания программного средства

Основным инструментом для анализа изображений стало применение алгоритмов на основе нейронных сетей модели YOLOv5 [2], которая позволяет обнаруживать дефекты обёртки в реальном времени. Эта модель была обучена на большом количестве изображений конфет и находит дефекты обёртки на изображениях с высокой точностью. YOLOv5 распознает объекты (конфеты) и определяет, есть ли на изображении дефекты. После анализа изображений начинается этап постобработки. После того как модель YOLOv5 выполнит анализ, система проводит постобработку, которая включает маркировку обнаруженных дефектных конфет с указанием типа дефекта. YOLOv5 была выбрана для решения задачи, так как она является одной из самых быстрых в скорости обработки изображений и точных моделей по определению объектов (дефектов) в реальном времени, что критически важно для производственных процессов с высокой производительностью.

Все результаты работы программного средства отображаются на экране пользователя. В случае обнаружения дефекта, на изображении появляется ограничивающая рамка вокруг дефектных конфет с пометкой типа дефекта и вероятностью, с которой он был распознан, а также оператору отправляется уведомление. По завершении процесса контроля качества программное средство генерирует отчёт с результатами работы, который можно сразу же просмотреть, что позволяет отслеживать количество дефектов на производственной линии и анализировать статистику.

Реализация программного средства потребовала комплексного подхода, объединяющего инновационные технологии и методики компьютерного зрения, обеспечивающие высокий уровень вычислительной производительности и устойчивую работу системы в режиме реального времени.

Архитектура системы спроектирована на основе модульного подхода, где каждый этап обработки изображения представлен как отдельный компонент. Основными компонентами программного решения определены:

- Драйвер камеры – программное обеспечение, которое обязательно должно быть установлено на компьютер для управления взаимодействием компьютера с устройством камеры;
- Модуль захвата изображений, который отвечает за захват изображений из видеопотока камеры, которые затем передает для дальнейшей обработки;
- Модуль обработки изображений, который занимается предобработкой изображений, а затем передачей их на анализ в модуль анализа изображений;
- Модуль анализа изображений (YOLOv5), который отвечает за анализ изображений с использованием обученной модели на основе алгоритма обнаружения объектов YOLOv5, а также за обнаружение дефектов и передачу результатов в другие модули;
- Модуль интерфейс пользователя, который обеспечивает взаимодействие с оператором, предоставляя ему визуализацию результатов анализа и контроль над системой;
- Модуль уведомлений, который формирует уведомления для оператора на основе полученных данных во запущенного время процесса контроля качества;

– Модуль генерации отчетов, который по результатам анализа изображений формирует итоговые отчеты.

Также для разворачивания рабочего места оператора определены основные узлы информационной системы:

– Камера – внешнее подключаемое физическое устройство, которое захватывает изображения конфет с конвейера и передает их на компьютер.

– Вычислительный узел – компьютер, на котором размещены все программные средства по обработке и анализу изображений.

Для камеры определены следующие характеристики: подключение к компьютеру через USB, разрешение FHD, частота кадров 60 FPS.

Для компьютера определены следующие минимальные характеристики: 16 ГБ ОЗУ, 5 ГБ ПЗУ, операционная система Windows 10/11.

Для демонстрации архитектуры системы на рисунке 2 представлена диаграмма развёртывания, содержащая основные компоненты программного средства.

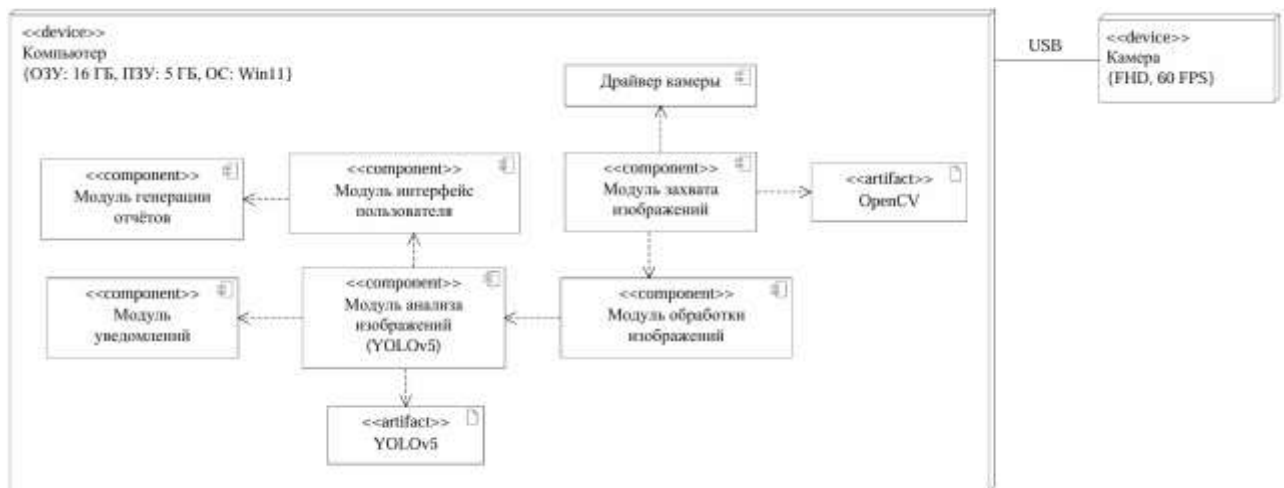


Рисунок 2 – UML диаграмма развёртывания программного средства

Программное средство было реализовано на языке Python. Использование Python обеспечило удобство интеграции с библиотекой компьютерного зрения, такой как OpenCV [3], а также с фреймворком для работы с нейронными сетями, таким как PyTorch [4] для обработки данных и обучения моделей. Кроме того, были использованы дополнительные средства реализации: библиотека NumPy для высокопроизводительных вычислений с массивами данных, что является важным этапом при обработке изображений и выполнении операций над матрицами; библиотека PyQt5 для разработки пользовательского интерфейса.

Особое внимание было уделено этапу обучения модели YOLOv5, который включал подготовку данных, их аннотирование, а также настройку параметров обучения для достижения высокой точности распознавания. Процесс обучения модели проводился с использованием размеченных данных, которые представляли собой кадры из видеозаписей с производственной линии. Кадры были специально отобраны с различными дефектами и распределены равномерно перед обучением, чтобы можно было обучить модель обнаруживать все возможные дефекты в процессе производства. Для ускорения обучения использовались предварительно обученные веса модели YOLOv5, что позволяло значительно повысить качество обнаружения дефектов при меньших затратах времени.

Система была разработана с ориентацией на функционирование в среде операционной системы Windows, что обеспечивает универсальность ее применения на рабочих местах операторов в производственных помещениях различного назначения. Требования к аппаратному обеспечению включают наличие достаточных вычислительных мощностей для эффективной эксплуатации разработанного программного инструмента. Принятый подход позволил быстро создавать прототипы и оперативно вносить требуемые модификации в течение цикла разработки. Важнейшей составляющей процесса проектирования стала реализация интуитивно понятного пользовательского интерфейса, предоставляющего оператору полный контроль над процессом контроля качества и своевременное информирование о выявленных дефектах.

Разработанное программное средство прошло тестирование в условиях, приближенных к реальному производственному процессу. В ходе тестирования была подтверждена его высокая точность в выявлении дефектов обёртки, а также стабильная работа в реальном времени. В процессе работы в программном средстве качественные конфеты помечаются рамкой с границами синего цвета, а дефектные рамкой с границами красного цвета. Пример запущенного процесса контроля качества отображён на рисунке 3.

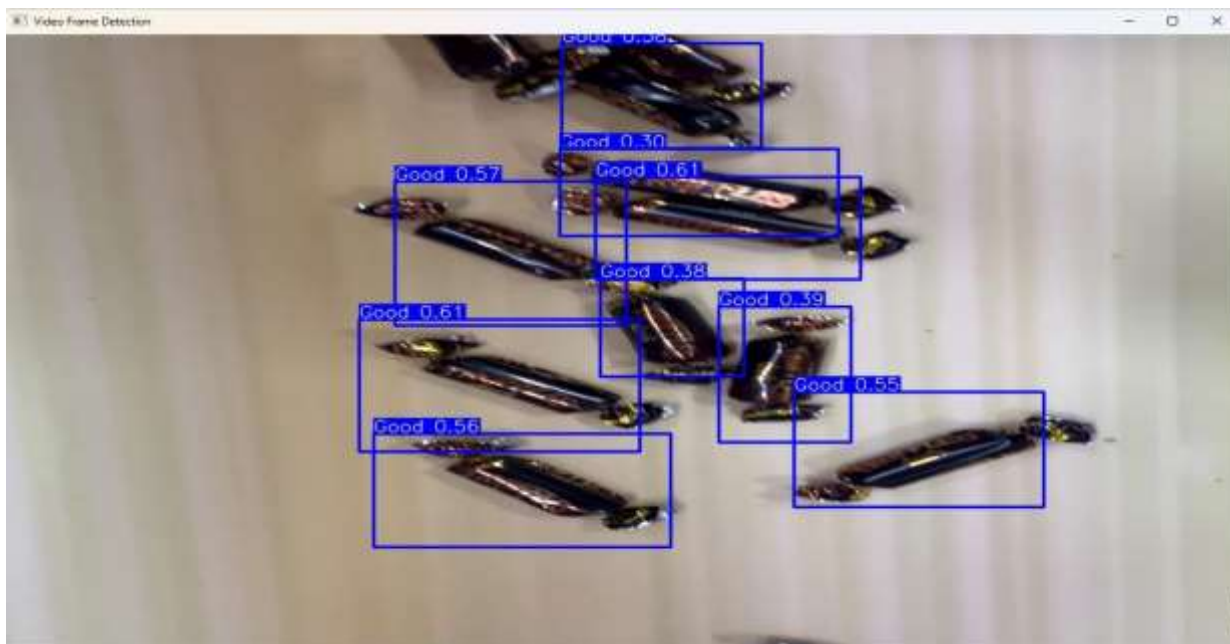


Рисунок 3 – Пример запущенного процесса контроля качества

Заключение. Разработанное программное средство и решение на его основе имеет значительный практический потенциал для внедрения в производственные процессы предприятий пищевой промышленности, где требуется высококачественный и быстрый контроль упаковки. Программа может быть адаптирована под различные производственные линии. Она способствует повышению эффективности производства, снижению затрат на трудовые ресурсы и повышению уровня качества продукции. Технология автоматизации контроля качества с помощью компьютерного зрения является перспективной для многих отраслей, где необходим контроль на разных этапах производственного процесса. Разработанная программа может быть расширена и адаптирована для других типов упаковки или для более сложных производственных процессов, что открывает возможности для дальнейшего развития и усовершенствования проекта в будущем.

Список использованных источников:

1. Иванов, А. Б. Анализ применения технологий компьютерного зрения в автоматизации производственных процессов / А. Б. Иванов, В. Г. Петров // Известия вузов. Серия «Информатика и управление». — Москва, 2024. — Вып. 4. — С. 23–35.
2. YOLOv5 GitHub Repository [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Доступ свободный. — Режим доступа: <https://github.com/ultralytics/yolov5>. — Загл. с экрана. — Яз. англ. — Дата доступа: 30.03.2025.
3. OpenCV-Python Tutorials [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Доступ свободный. — Режим доступа: https://docs.opencv.org/4.x/d6/d00/tutorial_py_root.html. — Загл. с экрана. — Яз. англ. — Дата доступа: 30.03.2025.
4. PyTorch Documentation [Электронный ресурс]. — Электрон. дан. — Доступ свободный. — Режим доступа: <https://pytorch.org/docs/stable/index.html>. — Загл. с экрана. — Яз. англ. — Дата доступа: 30.03.2025.

UDC 004.421:658.562

SOFTWARE SOLUTION FOR AUTOMATING QUALITY CONTROL OF CANDY WRAPPERS

Antonovich V.A., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Paramonov A.I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The article presents a software solution for automating quality control of candy wrappers using computer vision technologies. The main objective is to detect packaging defects in real time using the YOLOv5 neural network. The solution is built on the Python architecture using the OpenCV, PyTorch, NumPy and PyQt5 libraries. A user-friendly graphical interface for operator interaction with the system is implemented. The tests confirmed the high accuracy of defect detection and the ability to integrate into real production conditions. This will significantly improve product quality, reduce costs and ensure effective monitoring of the packaging process.

Keywords. Machine Learning (ML), Computer Vision, YOLOv5, Candy Packaging, Control Automation, OpenCV, Packaging Defects, Food Industry.

УДК 004.42+004.82

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННЫХ РЕКОМЕНДАЦИЙ ТОВАРОВ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА ПО ПРОДАЖЕ КОМНАТНЫХ РАСТЕНИЙ

Арловская Е.С., студент гр. 181072

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Климов С.М. – ст. препод. каф. ИСиТ

Аннотация. Рассмотрены вопросы разработки веб-приложения для персонализированных рекомендаций товаров интернет-магазина по продаже комнатных растений на языке PHP с использованием фреймворка Bitrix. Практическая значимость разработки заключается в использовании индивидуального подхода к каждому клиенту. Приложение может использоваться как самостоятельный сервис или интегрироваться в существующие платформы интернет-магазинов.

Ключевые слова. Программное обеспечение, веб-приложение, автоматизация процессов, алгоритмы, персональные рекомендации.

Персонализированные рекомендации товаров помогают пользователям быстрее находить подходящие растения и повышают эффективность продаж. Веб-приложение для интернет-магазина комнатных растений – это цифровой инструмент, который анализирует предпочтения пользователей и предлагает релевантные варианты на основе их опыта, истории покупок и просмотров. Обычно такие системы работают в режиме реального времени, постоянно адаптируя выдачу под актуальные запросы.

Приложения для рекомендаций товаров являются важным инструментом для повышения конверсии и улучшения пользовательского опыта. Они включают функции каталога с фильтрацией, алгоритмы подбора растений, интеграцию с системой заказов и аналитику поведения покупателей. Ключевая задача таких приложений – обеспечить пользователям удобный поиск товаров, сократить время на принятие решения и увеличить средний чек за счет сопутствующих товаров.

Существующие на рынке решения часто ограничены базовыми рекомендациями без учета индивидуальных особенностей покупателей. Основными недостатками являются: отсутствие адаптивных алгоритмов, учитывающих уровень пользователя; невозможность гибкой фильтрации по сложности ухода, требованиям к освещению и другим ключевым параметрам; устаревший интерфейс, затрудняющий навигацию.

Для реализации проекта были поставлены и решены следующие задачи:

- проанализировать существующие аналогичные программные продукты для персональных рекомендаций товаров и учета товаров;
- разработать проектную документацию для программного средства (далее – ПС);
- разработать алгоритмы работы ПС и выполнить их программную реализацию;
- протестировать разработанное ПС;
- разработать руководство по использованию ПС;
- разработать базу данных;
- разработать интуитивно понятный интерфейс.

Практическая значимость разработки заключается в повышении лояльности клиентов за счет индивидуального подхода, увеличении продаж и снижении нагрузки на поддержку благодаря автоматизированным рекомендациям. Приложение может использоваться как самостоятельный сервис или интегрироваться в существующие платформы интернет-магазинов.

Основная часть. Ключевые функции ПС:

- просмотр каталога комнатных растений с детальными описаниями и фотографиями;
- персонализированные рекомендации по различным параметрам;
- возможность фильтрации растений по различным параметрам;
- заказ выбранных растений с опцией выбора горшков и аксессуаров;
- оформление заказа с выбором способа доставки и оплаты;
- функционал для администраторов;
- административная панель для управления каталогом и аналитики продаж;
- раздел с советами по уходу за растениями и ответами на часто задаваемые вопросы.

Для описания функционала и возможностей веб-приложения была построена диаграмма вариантов использования, представленная на рисунке 1.

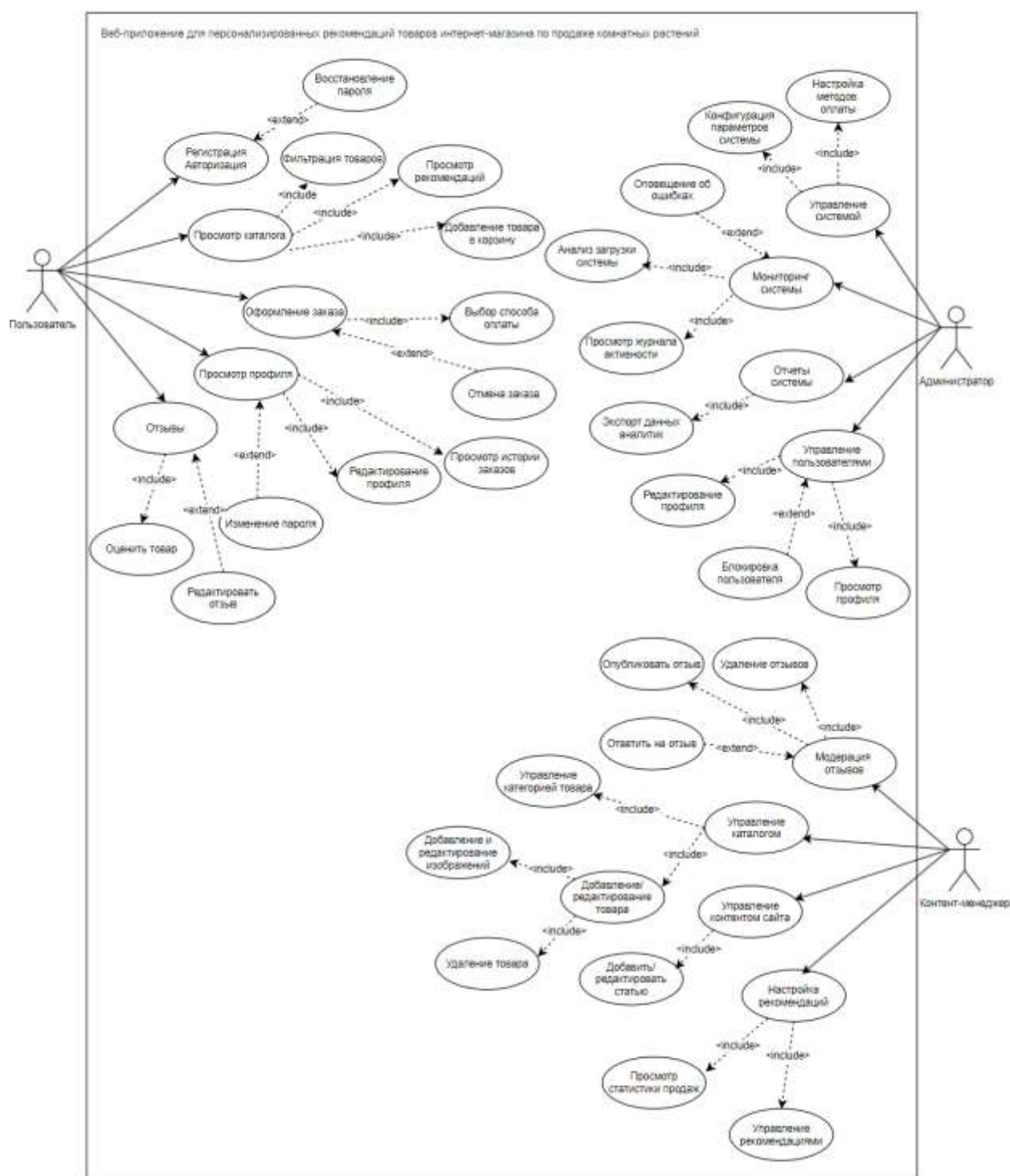


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования

Диаграмма вариантов использования для веб-приложения по продаже комнатных растений с персонализированными рекомендациями отражает взаимодействие трёх ролей: «Администратор», «Контент-менеджер», «Покупатель». Каждый из этих акторов выполняет свои задачи, взаимодействуя с системой для достижения целей.

Покупателю доступны следующие функции:

- просмотр каталога товаров;
- фильтрация товаров по параметрам;
- просмотр персонализированных рекомендаций;
- регистрация и авторизация;
- редактирование профиля.

Контент-менеджеру доступны следующие функции:

- добавление новых товаров в каталог;
- редактирование описания и параметров товара;

- удаление товаров из каталога;
- управление рекомендациями;
- модерация отзывов.
- Администратору доступны следующие функции:
- управление пользователями;
- управление правами доступа;
- мониторинг системы;
- настройка системы.

Проведенный анализ существующих решений в сфере электронной коммерции комнатных растений позволил выявить принципиальные отличия и конкурентные преимущества разрабатываемой системы. В отличие от представленных на рынке аналогов, предлагаемое веб-приложение реализует принципиально новый подход к персонализации рекомендаций, основанный на комплексном анализе множества факторов.

Ключевым отличием является глубокая персонализация рекомендательной системы, учитывающая не только базовые параметры растений, но и уровень агротехнической компетенции пользователя, его историю взаимодействия с платформой, включая просмотры, совершенные покупки и добавленные в избранное товары. Система динамически адаптирует рекомендации в соответствии с изменяющимися предпочтениями пользователя, что обеспечивает значительно более высокую релевантность предлагаемых вариантов по сравнению с традиционными решениями.

Важным конкурентным преимуществом является оптимизированный пользовательский опыт, достигаемый за счет тщательно продуманного интерфейса. Информационная архитектура платформы построена с учетом принципов пользовательского использования, обеспечивая интуитивно понятную навигацию. Адаптивный дизайн гарантирует одинаково высокое качество взаимодействия как на персональных компьютерах, так и на мобильных устройствах. Минималистичное визуальное оформление, лишенное избыточных элементов, позволяет пользователю сосредоточиться на содержательной части.

В качестве языка программирования выбран язык PHP 8.2 [1, 2]. Для хранения данных веб-приложения необходима реляционная база данных. В качестве СУБД была выбрана MySQL [1].

В качестве локального сервера для развертывания базы данных используется Open Server Panel. Open Server Panel – это уникальный инструмент для локальной разработки веб-сайтов и веб-сервисов на платформе Windows. К вашим услугам большой набор серверного программного обеспечения (WAMP-стек), а также простая и удобная панель управления.

Архитектура БД описана на физической модели базы данных и представлена на рисунке 2.

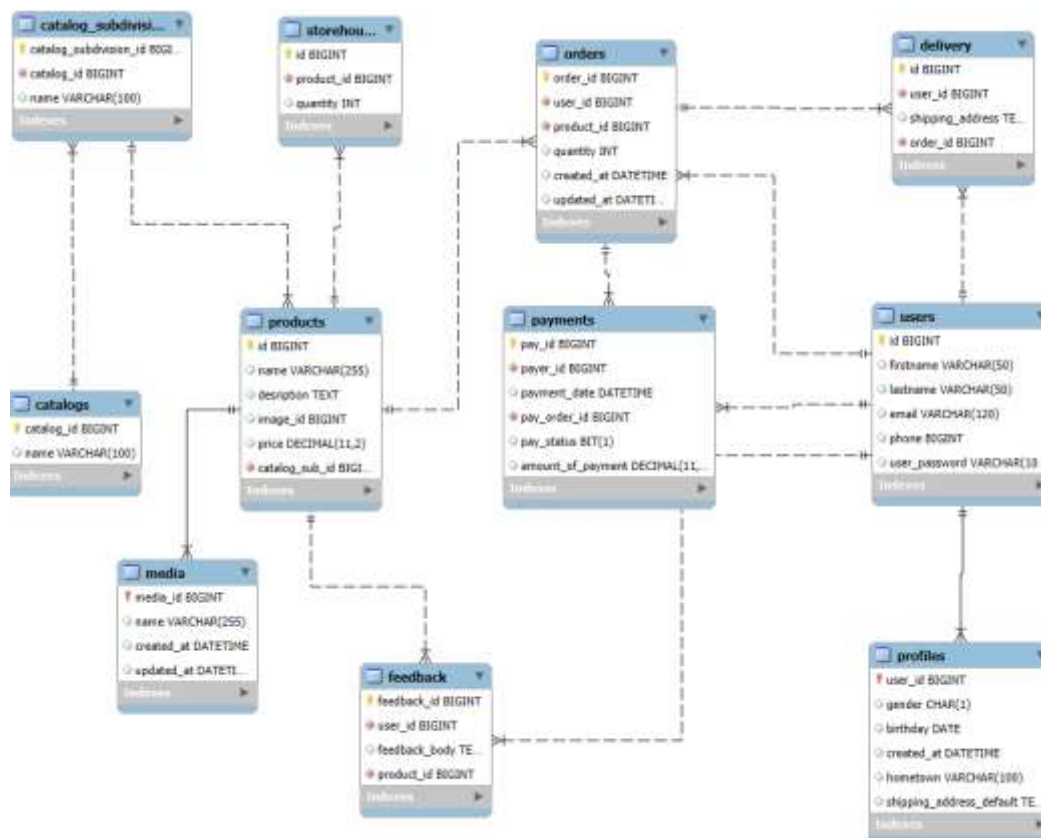


Рисунок 2 – Физическая модель базы данных

Интерфейс программного средства представляет собой способ взаимодействия пользователя с программой или системой. Пользователь может взаимодействовать с программой посредством таких элементов, как кнопки, меню, формы ввода данных и т. д.

Для презентации ассортимента потенциальным покупателям разработан интернет-каталог с системой персонализированных рекомендаций, позволяющий просматривать подробную информацию о растениях и осуществлять их подбор по различным параметрам. Реализованы разделы «Главная», «Каталог растений», «Личный кабинет», «Контакты», «О компании» и «Блог».

В разделе каталога, на основе созданной реляционной базы данных, реализовано отображение всех товаров с указанием их основных характеристик, включая описание, артикул, цену и статус наличия. Дополнительно представлена сводка актуальных предложений и система фильтрации каталога по следующим критериям:

- тип растения;
- условия содержания;
- размер растения;
- сложность ухода;
- цена;
- требования к поливу;
- сезонность цветения.

Также, на каждой из вкладок была реализована упрощённая навигация по каталогу в виде отдельной верхней и нижней части страницы, где была размещена дополнительная информация о местонахождении, социальных сетях, мессенджерах и контактных телефонах продавца для упрощения поиска и восприятия контактной информации потенциальным покупателем.

Каталог веб-приложения представлен на рисунках 3 и 4.



Рисунок 3 – Каталог веб-приложения

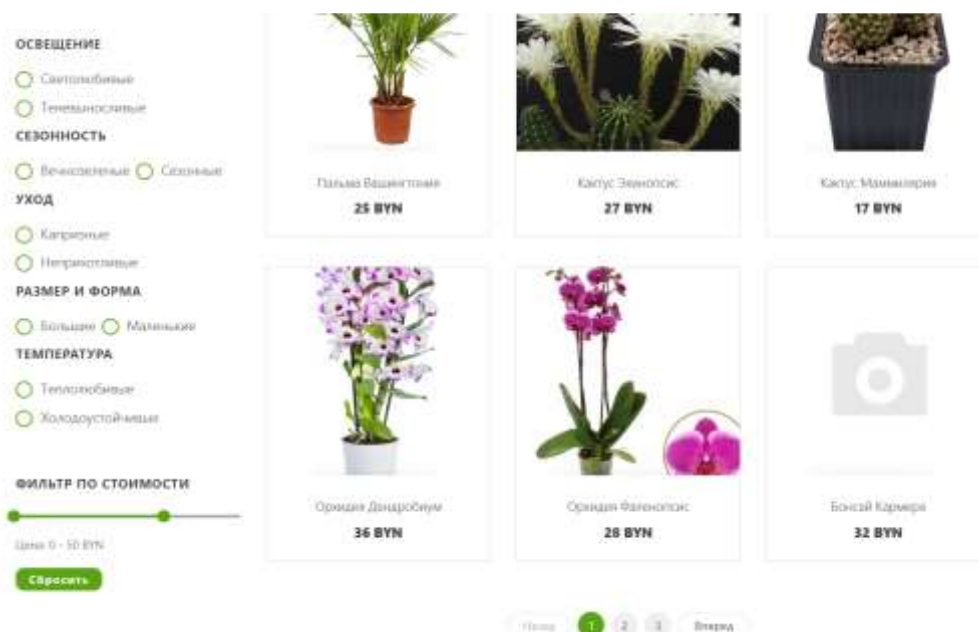


Рисунок 4 – Фильтры каталога веб-приложения

В качестве основной платформы для разработки выбрана система управления контентом «1С-Битрикс: Управление сайтом» (далее – Bitrix) версии 22.1. Для обеспечения безопасности веб-приложения используются встроенные в Bitrix механизмы защиты, включая проактивную защиту от XSS-атак, SQL-инъекций и CSRF-атак [3]. Основой фронтенд-разработки выступают HTML5, CSS3 и JavaScript. HTML5 обеспечивает четкую семантическую структуру веб-страниц, что важно для SEO-оптимизации и доступности контента. JavaScript добавляет динамику и интерактивность, превращая статичные страницы в полноценные веб-приложения. Для работы с сервером без перезагрузки страницы используется AJAX. Эта технология особенно полезна в каталогах товаров, фильтрах и системах персональных рекомендаций, где важно мгновенно обновлять данные. В проекте также применяется библиотека jQuery. Она значительно упрощает манипуляции с DOM-элементами, обработку событий и работу с AJAX-запросами [4].

Разработанное веб-приложение для персонализированных рекомендаций товаров в интернет-магазине комнатных растений представляет собой инновационное цифровое решение, значительно повышающее эффективность работы электронной торговой площадки. Основная ценность приложения заключается в реализации интеллектуальной системы анализа пользовательских предпочтений, учитывающей множество факторов, включая уровень подготовки покупателя и его предыдущие взаимодействия с платформой. Основой системы является сложный алгоритм рекомендаций, основанный на методах машинного обучения и способный адаптироваться к изменяющимся потребностям каждого конкретного пользователя. Особое внимание уделено созданию интуитивно понятного интерфейса. Адаптивный дизайн обеспечивает комфортную работу с приложением на любых устройствах, от смартфонов до персональных компьютеров.

Ключевой особенностью разработки является внедрение комплексного подхода к рекомендациям, когда система не только предлагает подходящие растения, но и автоматически подбирает сопутствующие товары, формируя продуманные комплекты. Для владельцев бизнеса предусмотрены мощные аналитические инструменты, позволяющие отслеживать эффективность рекомендаций и динамику продаж.

Применение данного решения позволяет достичь значимых результатов: повысить удовлетворенность покупателей благодаря точному соответствию предлагаемых товаров их потребностям. Перспективы развития системы включают расширение базы знаний по уходу за растениями, интеграцию с мобильными приложениями и адаптацию алгоритмов для других ниш электронной коммерции.

Важно отметить, что предложенное решение не требует установки дополнительного программного обеспечения и доступно любому пользователю через стандартный веб-браузер, что значительно расширяет потенциальную аудиторию сервиса. Разработанное веб-приложение представляет собой завершённое, готовое к внедрению решение, сочетающее передовые технологии персонализации, удобный интерфейс и мощные аналитические возможности. Это делает его ценным инструментом как для владельцев бизнеса, так и для конечных потребителей, открывая новые возможности для развития электронной коммерции в сегменте комнатных растений.

Список использованных источников:

1. Советов, Б.Я. *Архитектура информационных систем : учебник* / Б.Я. Советов, А.И. Водяхо, В.А. Дубенецкий, В.В. Цехановский. — Москва : Академия, 2020. — 228 с.
2. Скотт, А. *Современный PHP. Новые возможности и передовой опыт : пер. с англ. / А. Скотт.* — Москва : Альфа-книга, 2023. — 304 с.
3. Зандстра, М. *PHP: объекты, шаблоны и методики программирования : пер. с англ. / М. Зандстра.* — Москва : Вильямс, 2022. — 576 с.
4. Якобсон, И. *Объектно-ориентированное программное обеспечение: концепции, методы и инструменты : пер. с англ. / И. Якобсон, Дж. Спинкас, П. Берг.* — Москва : Вильямс, 2021. — 480 с.

UDC 004.42+004.82

WEB APPLICATION FOR PERSONALIZED RECOMMENDATIONS OF PRODUCTS OF AN ONLINE STORE FOR SALE OF HOUSE PLANTS

Arlovskaya E.S., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Klimov S.M. – Senior Lecturer

Annotation. The article discusses the development of a web application for personalized product recommendations for an online store selling indoor plants in PHP using the Bitrix framework. The practical significance of the development lies in the use of an individual approach to each client. The application can be used as a standalone service or integrated into existing online store platforms.

Keywords. Software, Web Application, Process Automation, Personalized Recommendation, Algorithms.

УДК 796.055+004.774.6

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ КИБЕРСПОРТА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Ахундов Н.Т., студент гр.181073

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Шпак И.И. – канд. техн. наук, доцент, доцент каф. ИСиТ

Аннотация. Рассмотрены перспективы развития киберспорта в Беларуси. Проанализированы основные проблемы, включая нехватку инфраструктуры, отсутствие государственной поддержки и профессиональных команд. Приведены направления развития индустрии: проведение турниров, создание образовательных программ и развитие инфраструктуры. Обоснованы выгоды киберспорта для экономики, образования и культуры. Рассмотрены примеры успешного опыта России и ОАЭ, которые могут быть адаптированы для белорусских условий. Сделаны выводы о потенциале киберспорта как важного инструмента для укрепления имиджа страны на международной арене.

Ключевые слова. киберспорт, развитие индустрии киберспорта, IT-инфраструктура, БФК, турниры по киберспорту, международный киберспорт, Nemiga Gaming, экономические выгоды киберспорта.

Введение.

Киберспорт – это соревновательная деятельность в области компьютерных игр, ставшая популярным явлением во всём мире. Сегодня киберспорт признан не только как досуг, но и как профессиональный вид спорта, включающий высокоуровневую тактическую и физическую подготовку. Миллионы зрителей по всему миру следят за турнирами по таким играм, как Dota 2, Counter-Strike, League of Legends, Valorant и многим другим. Общий объём рынка киберспорта постоянно растёт, привлекая внимание крупных инвесторов, медиа-компаний и рекламодателей.

Успешные киберспортивные команды и игроки становятся кумирами для молодёжи, что делает киберспорт важной частью современной культуры. Он способствует развитию не только игровых навыков, но и таких компетенций, как стратегическое мышление, командная работа и быстрая адаптация к изменяющимся условиям.

В Беларуси киберспорт находится на начальном этапе становления. Хотя молодёжь активно интересуется этим направлением, в стране отсутствуют системные подходы к развитию индустрии. Проблемы, такие как нехватка инфраструктуры, слабая поддержка со стороны государства и частного бизнеса, а также отсутствие профессиональных команд мирового уровня, тормозят рост киберспортивного сектора.

Тем не менее, потенциал для развития киберспорта в Беларуси очень велик. Развитие этого направления может не только укрепить позиции страны на международной арене, но и внести значительный вклад в экономику, образование и культурную сферу. В статье приводятся ключевые аспекты киберспорта, его проблемы и перспективы развития в республике.

Основные дисциплины киберспорта.

Основными киберспортивными дисциплинами являются [1]:

Шутеры (FPS – First Person Shooter) – жанр, где игрок управляет персонажем от первого лица, основной задачей которого является поражение противника с помощью огнестрельного или другого оружия. Турниры по шутерам требуют от игроков точности, скорости реакции и командного взаимодействия. Примеры популярных шутеров: Counter-Strike, Valorant, standoff 2.

MOBA (Multiplayer Online Battle Arena) – командные стратегические игры, где две команды из пяти игроков сражаются на карте с целью уничтожения базы противника. Игроки управляют уникальными персонажами, обладающими различными способностями. Для успеха важны командная работа, стратегия и понимание механики игры. Примеры: Dota 2, League of Legends.

Стратегии в реальном времени (RTS – Real-Time Strategy) – игры, где игрок управляет армиями или ресурсами в реальном времени, принимая тактические решения для победы над противником. Популярны примеры: StarCraft II, Age of Empires.

Файтинги – жанр, где игроки сражаются друг с другом, управляя персонажами с уникальными боевыми стилями и комбинациями ударов. Турниры по файтингам требуют от игроков высокой реакции и знания механики игры. Примеры: Tekken, Street Fighter, Mortal Kombat.

Спортивные симуляторы – игры, имитирующие реальные виды спорта, такие как футбол, баскетбол или автогонки. Популярны примеры: FIFA, NBA 2K, Rocket League.

Королевская битва (Battle Royale) – жанр, где игроки сражаются на большой карте до тех пор, пока не останется один победитель или команда. Примеры: Fortnite, PUBG, Apex Legends [1].

На сегодняшний день киберспорт объединяет не только разнообразные жанры игр, но и масштабные международные события, которые собирают миллионы зрителей и обеспечивают внушительные призовые фонды. Эти турниры являются вершиной для профессиональных игроков и

команд, а их популярность часто превосходит традиционные виды спорта. Наиболее значимые турниры проходят в самых популярных дисциплинах:

- The International (Dota 2) – крупнейший ежегодный турнир по Dota 2 с призовым фондом, превышающим 18 миллионов долларов. Турнир собирает более 2,7 миллионов зрителей на пике просмотров, а победа в нём считается высшей наградой в мире MOBA.

- CS:GO Majors (CS2) – серии турниров по Counter-Strike с призовым фондом до 2 миллионов долларов. Финальные матчи собирают до 2,1 миллиона зрителей, а популярность игры продолжает расти с выходом новой версии CS2.

- League of Legends World Championship (LoL Worlds) – чемпионат мира по League of Legends с призовым фондом более 2 миллионов долларов. Количество зрителей на пике достигает 5 миллионов, что делает его одним из самых просматриваемых киберспортивных событий.

- Valorant Champions Tour (VCT) – крупнейшая серия турниров по Valorant, где команды со всего мира соревнуются за призы до 1 миллиона долларов. Турниры по Valorant привлекают более 1 миллиона зрителей на пике трансляций.

Таким образом, крупнейшие события в мире киберспорта демонстрируют колоссальные масштабы индустрии, привлекая огромные призовые фонды и миллионы зрителей по всему миру. Эти турниры служат отличным примером для развития киберспорта в других странах, включая Беларусь.

Проблемы киберспорта в Беларуси.

На данный момент в Беларуси практически отсутствуют профессиональные команды, способные конкурировать на международном уровне. Единственным значимым исключением является Nemiga Gaming, которая имеет составы по Dota 2 и CS2 [2], однако даже эта организация сталкивается с ограниченными ресурсами и недостатком поддержки. А также её составы либо вовсе не являются белорусскими, либо имеют меньшую часть игроков из Беларуси.

В Беларуси киберспорт развивается благодаря усилиям различных организаций, среди которых выделяются Белорусская федерация киберспорта (БФК) и Белорусская ассоциация компьютерного спорта (БАКС) [3]. Обе организации стремятся содействовать развитию компьютерного спорта в стране.

Несмотря на усилия Белорусской федерации киберспорта (БФК) и Белорусской ассоциации компьютерного спорта (БАКС) по развитию киберспорта в Беларуси, существуют определённые проблемы и вызовы, замедляющие прогресс в этой сфере:

1. Отсутствие официального признания киберспорта. Хотя БФК и БАКС активно работают над признанием киберспорта официальным видом спорта, на данный момент этого статуса нет. Это ограничивает возможности для государственной поддержки и финансирования.

2. Нехватка инфраструктуры. В стране отсутствуют современные киберспортивные арены и тренировочные базы, необходимые для профессионального роста игроков. Большинство молодых талантов вынуждены тренироваться в домашних условиях или в небольших интернет-клубах, которые не всегда оборудованы на должном уровне.

3. Ограниченное финансирование. Киберспортивные организации и игроки сталкиваются с нехваткой финансирования. Спонсорские контракты и инвестиции в этой сфере крайне редки, что ограничивает возможности для проведения турниров и подготовки команд.

4. Нехватка образовательных программ. В стране отсутствуют специализированные образовательные программы для подготовки профессиональных игроков, тренеров и менеджеров. Это приводит к нехватке кадров и замедляет развитие индустрии.

5. Отсутствие координации между организациями. Хотя БФК и БАКС стремятся развивать киберспорт, отсутствие скоординированных усилий и единого подхода может приводить к дублированию инициатив и снижению общей эффективности.

Для преодоления этих препятствий необходимо усилить сотрудничество между государственными структурами, частным сектором и киберспортивными организациями, а также разработать стратегию развития киберспорта в Беларуси.

Успехи и примеры.

Nemiga Gaming – единственная белорусская организация, которая стабильно участвует в международных турнирах по дисциплинам Dota 2 и CS2. Несмотря на ресурсы и уровень игры, команде всё ещё не удаётся добиться значительных побед на крупнейших турнирах.

Несмотря на существующие проблемы, белорусские игроки регулярно демонстрируют успехи на международных аренах. Индивидуальные киберспортсмены из Беларуси, особенно в дисциплинах Dota 2 и CS, принимают участие в зарубежных командах и достигают высоких результатов, представляя страну на крупных турнирах.

Объединённые Арабские Эмираты (ОАЭ) демонстрируют стремительное развитие киберспортивной индустрии, активно инвестируя в инфраструктуру и организуя крупные мероприятия. В столице ОАЭ, Абу-Даби, планируется строительство крупной арены для виртуальных игр в районе Al Qana, что свидетельствует о серьёзных намерениях страны стать центром киберспорта в регионе.

В 2024 году в Дубае прошёл третий по счёту фестиваль киберспорта и игр Dubai Esports and Games Festival, который состоялся с 19 апреля по 5 мая [4] и привлёк внимание геймеров со всего мира.

Кроме того, в 2025 году в ОАЭ планируется проведение вторых "Игр будущего" — мульти спортивного турнира, объединяющего классический спорт и киберспорт по 21 дисциплине.

Эти инициативы подчёркивают стремление ОАЭ стать ведущим центром киберспорта на международной арене, что может служить примером для других стран, стремящихся развивать эту индустрию.

Россия служит отличным примером для Беларуси в развитии киберспорта. Российская команда Team Spirit стала победителем турнира The International 10 по Dota 2, выиграв призовой фонд в размере 18 миллионов долларов [5]. Это достижение поставило Россию на передовую мировой киберспортивной арены. Ещё одна команда, Virtus.pro, регулярно участвует в крупных международных турнирах и добивается высоких результатов в дисциплинах Dota 2 и CS. В стране активно развиваются образовательные программы, такие как киберспортивные академии, а также строятся специализированные арены, например, Moscow Cybersport Arena. Россия демонстрирует, как государственная поддержка, инвесторы и частные инициативы могут способствовать быстрому развитию индустрии.

Направления развития киберспорта.

Развитие инфраструктуры и проведение турниров. Создание специализированных киберспортивных арен, тренировочных баз и современных игровых центров станет важным шагом к становлению профессиональной среды. Эти объекты должны быть оснащены передовым оборудованием, соответствующим мировым стандартам. Регулярное проведение национальных и международных турниров не только привлечёт внимание инвесторов и спонсоров, но и создаст условия для популяризации киберспорта среди населения. Локальные лиги и студенческие чемпионаты помогут выявлять молодые таланты, а также формировать базу для будущих профессиональных команд.

Образовательные инициативы. Введение образовательных программ, направленных на подготовку киберспортсменов, тренеров, аналитиков и менеджеров, обеспечит профессиональный подход к развитию индустрии. Киберспорт требует высокого уровня технических и аналитических знаний, поэтому сотрудничество с университетами и создание специализированных курсов — необходимый шаг. Кроме того, можно организовать киберспортивные академии и тренировочные центры, где молодёжь сможет оттачивать свои навыки под руководством опытных специалистов.

Финансовая поддержка и партнёрства. Государственная поддержка через гранты и субсидии необходима для становления киберспорта как полноценной отрасли. Выделение целевых средств на развитие инфраструктуры, проведение мероприятий и поддержку начинающих команд станет стимулом для роста индустрии. Партнёрство с частным бизнесом, крупными корпорациями и IT-компаниями обеспечит дополнительное финансирование, продвижение мероприятий и привлечение международных брендов.

Создание централизованной федерации. Учреждение единой государственной федерации киберспорта с профессиональным руководством позволит координировать усилия всех участников индустрии. Такая структура сможет разрабатывать стратегические планы, устанавливать стандарты и регламенты, обеспечивать справедливое распределение ресурсов и взаимодействие с международными организациями. Кроме того, федерация станет важным связующим звеном между государством, бизнесом и киберспортивным сообществом.

Международное сотрудничество. Для укрепления позиций Беларуси на мировой киберспортивной арене важно наладить международные связи. Участие в крупных зарубежных турнирах, партнёрство с международными организациями и обмен опытом с успешными странами, такими как ОАЭ и Россия, помогут привлечь инвестиции и повысить уровень подготовки белорусских команд.

Популяризация киберспорта. Активная популяризация киберспорта через СМИ, социальные сети и образовательные платформы может способствовать повышению интереса к индустрии среди молодёжи и привлечению новых игроков. Создание документальных фильмов, трансляции турниров и проведение фестивалей помогут укрепить положительный имидж киберспорта в обществе.

Таким образом, сочетание указанных мер позволит Беларуси не только укрепить свои позиции на мировой киберспортивной арене, но и создать условия для раскрытия потенциала молодых талантов, развития экономики и укрепления культурных связей через современную технологическую индустрию.

Выгоды и польза киберспорта.

1. Развитие экономики. Киберспорт способен стимулировать экономику через создание новых рабочих мест, развитие индустрии развлечений и привлечение инвестиций. Организация турниров и строительство арен может привлечь иностранных спонсоров и увеличить поток туристов.

2. Социальное развитие. Киберспорт объединяет молодёжь и способствует развитию навыков командной работы, стратегического мышления и лидерства. Участие в киберспортивных мероприятиях позволяет формировать чувство общности и взаимоподдержки.

3. Образовательный аспект. Развитие киберспорта сопровождается внедрением специализированных образовательных программ, что способствует подготовке профессионалов в различных областях: от программирования и аналитики данных до менеджмента и маркетинга.

4. Имидж страны. Успешные киберспортивные команды и турниры могут повысить международный престиж Беларуси, демонстрируя её технологический и научный потенциал.

5. Технический прогресс. Киберспорт стимулирует развитие IT-инфраструктуры, улучшая доступ к высокоскоростному интернету и современному оборудованию, что положительно сказывается на технологическом развитии страны.

6. Здоровый образ жизни. Несмотря на стереотипы, профессиональный киберспорт требует от игроков физической подготовки, здорового режима дня и психологической устойчивости, что популяризирует эти ценности среди молодёжи.

Заключение.

Киберспорт в Беларуси находится на стадии формирования, сталкиваясь со множеством вызовов. Однако его развитие открывает широкие перспективы для экономики, образования и культуры страны. Пример таких государств, как ОАЭ и Россия, показывает, что инвестиции в инфраструктуру, поддержка со стороны государства и частных партнёров, а также образовательные инициативы могут стать ключевыми драйверами роста индустрии.

Для Беларуси важно использовать свой потенциал, ориентируясь на лучшие международные практики и адаптируя их к местным условиям. Внедрение комплексной стратегии развития киберспорта позволит не только интегрировать страну в мировую индустрию, но и создать новые возможности для молодёжи, способствуя формированию инновационной и конкурентоспособной экономики. Киберспорт может стать важным культурным и экономическим инструментом, способным укрепить позицию Беларуси на международной арене.

Следует отметить, что работа была представлена на Международном Конкурсе НИР «Горизонты исследований — 2025» и получила статус Победителя.

Список использованных источников:

1. IMDb Top 250 Rated Video Games [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.imdb.com/list/ls097840768/> Дата доступа: 10.12.2024.
2. Организация Nemiga [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nemiga.gg/> Дата доступа: 11.12.2024.
3. Официальный сайт Белорусской федерации киберспорта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cybersport.by> Дата доступа: 13.12.2024.
4. Dubai Esports and Games Festival [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russianemirates.com/news/events/kibersportivnyy-festival-dubai-esports-festival-2024-v-dubae/> Дата доступа: 10.12.2024.
5. Пример успехов Team Spirit на The International [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gosugamers.net/news> Дата доступа: 15.12.2024.

UDC 796.055+004.774.6

PROSPECTS FOR ESPORTS DEVELOPMENT IN THE REPUBLIC OF BELARUS

Akhundov N.T., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Shpak I.I. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Annotation. The article explores the prospects for the development of esports in Belarus. Key challenges are analyzed, including a lack of infrastructure, insufficient government support, and the absence of professional teams. Directions for industry growth are proposed: hosting tournaments, establishing educational programs, and developing infrastructure. The benefits of esports for the economy, education, and culture are substantiated. Examples of successful experiences from Russia and the UAE are considered, which could be adapted to Belarusian conditions. Conclusions are drawn about the potential of esports as an important tool for strengthening the country's position on the international stage.

Keywords. Esports, development of the esports industry, IT infrastructure, BFC, esports tournaments, international esports, Nemiga Gaming, economic benefits of esports.

УДК 004.738:378.147

ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА» НА ОСНОВЕ ЧАТ-БОТА TELEGRAM

Бакун Л.И., студент гр.181075

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Парамонов А.И. – канд. техн. наук, доцент, зав. каф. ИСиТ

Аннотация. В статье рассмотрен вопрос обеспечения образовательного процесса дополнительными средствами коммуникации и доступа к информации для студентов. Проведен анализ средств коммуникации. Сделан обоснованный выбор распространённого и популярного мессенджера Telegram и его API интерфейсов. Обозначены важные проблемы современного состояния организации образовательного пространства и их решения. Приведено обоснование разработки информационной системы на основе проведенного социального опроса потребителей. Описаны этапы и процесс создания чат-бота Telegram. Представлены основные модели проектного решения. Обозначены шаги дальнейшего развития.

Ключевые слова. Telegram, мессенджер, чат-бот, образовательный процесс, деканат, программный интерфейс.

Введение. Популярность мессенджеров в современном обществе неизменно растёт. Сегодня они используются уже не только и не столько для личной переписки, но и для трансформации бизнес-процессов организаций. На сегодня существует уже большое число различных мессенджеров, каждый из которых имеет свои особенности и свою целевую аудиторию. Одним из самых стабильных, быстрых и безопасных считается облачный мессенджер Telegram. По состоянию на 2025 год Telegram – одно из пяти самых скачиваемых приложений в мире, с миллиардом активных пользователей [1]. Эта платформа достаточно распространена и популярна по всему миру. Анализ целевой аудитории показал, что в настоящее время большинство студентов БГУИР общаются в Telegram. В нем создаются общие чаты студенческих групп, групп старост и преподавателей, групп с деканатом и сотрудниками университета, рабочие чаты, семейные чаты, ведутся личные переписки.

Telegram предлагает разработчикам три вида API-интерфейсов [2]. Bot API позволяет легко создавать программы, которые используют сообщения Telegram в качестве интерфейса. API Telegram и TDLib позволяют создавать собственные индивидуальные клиенты Telegram. Все API интерфейсы можно использовать бесплатно. API Gateway позволяет любому бизнесу, приложению или веб-сайту отправлять проверочные коды через Telegram вместо традиционных SMS. Также можно добавить виджеты Telegram на свой веб-сайт.

В последнее время все большую востребованность приобретают чат-боты. Бот – это небольшое приложение, которое работает исключительно в контексте приложения Telegram. Пользователи взаимодействуют с ботами через гибкие интерфейсы, которые могут поддерживать любые задачи и сервисы. Платформа Telegram Bot Platform содержит более десяти миллионов ботов и является бесплатной как для пользователей, так и для разработчиков. С помощью бота можно: заменить веб-сайт, управлять бизнесом, получать платежи, создавать пользовательские инструменты, интегрировать с другими сервисами, проводить игры, создавать социальные сети и так далее. Telegram-боты – это специальные аккаунты, для настройки которых не требуется дополнительный номер телефона. Эти аккаунты служат интерфейсом для кода, запущенного на сервере. Telegram сервер-посредник обрабатывает все шифрование и взаимодействие с Telegram API через протокол шифрования MTProto [3]. Связь с этим сервером осуществляется через HTTPS-интерфейс, который предлагает упрощенную версию Telegram API. Разработчики ботов также могут использовать Payments API для приема платежей от пользователей Telegram по всему миру.

Важным вопросом образовательного процесса, который часто остается без должного внимания, является коммуникация в студенческой среде – в группе, в потоке, на факультете. В процессе обучения у студентов возникают самые различные вопросы на очень разные темы: когда сессия, где посмотреть расписание занятий, когда зачёт/экзамен, как сдать лабораторную, где вопросы для экзамена, как заплатить за обучение, когда можно пересдать задолженность, как за нее заплатить, как зовут преподавателя, где его найти, что нужно сделать для допуска к экзамену, как получить справку вызов, как работает деканат, как туда позвонить, какая наша кафедра и т.д. Это лишь малая часть вопросов, которые возникают во время обучения. В процессе поиска ответов на них студенты сталкиваются с рядом проблем: информация размещается по различным ресурсам, доступ к которым не всегда имеется, каналы связи с университетом не всегда доступны (вне рабочего времени) и т.п. Рост числа сервисов ИКТ в образовательном пространстве обеспечивает не только новые возможности для учащихся, но и сопровождается проблемами поиска информации. Поскольку часть данных размещена на сайте, часть сведений в системе электронного обучения или в электронном кабинете, а что-то и вовсе распространяли через почту или беседу в Телеграмме.

Основная часть. С целью облегчить поиск необходимой информации и обеспечения поддержки студентам по ключевым общедоступным вопросам предложено программное решение в виде информационной системы "Консультант студента" на основе чат-бота Telegram.

Информационная система (ИС) должна решать централизованное (целостное) представление всей востребованной информации в одном месте, что обеспечивает её быстрый поиск. При базовой настройке в боте содержится информация о группе, преподавателях, занятиях, задачах, расписании.

В ходе анализа предметной области был проведен анонимный социологический опрос среди старост групп, с целью выявления наиболее проблемных категорий информации, которые вызывает наибольшие трудности и востребованы среди студентов. В опросе приняли участие старосты всех годов обучения факультета компьютерных технологий ИИТ БГУИР. Опрос был проведен среди студентов различных курсов (с 1 по 4) с целью выяснения частоты и характера вопросов, возникающих в процессе обучения. По итогам опроса все вопросы были разбиты на тематические группы:

- местоположение (корпуса, деканат, кафедры, преподаватели).
- расписание (пары, аудитории, зачеты, экзамены).
- пересдачи (сроки, комиссии, оплата).
- преподаватели (кто ведет предмет, контакты, проблемы с ответами).
- общие вопросы (курс, квалификация, специальность, кафедра, факультет, декан).
- образовательный процесс (сессии, справки, экзамены, зачеты, задания, лабы).
- оплата обучения (сроки, суммы, последствия неуплаты).

Опрос показал какие вопросы чаще всего задают студенты, частота их повторений и удовлетворенность ответами. Таким образом, был сделан вывод, что для улучшения ситуации есть необходимость в создании ресурса с актуальной информацией и с удобным механизмом регулярного обновления размещаемой на нем информации.

В ходе анализа аналогов и прототипов были рассмотрены различные чат-боты университетов. Каждый из них выполняет свою определенную функцию, но ни один в полной мере не подходил под сформулированные в проекте задачи. Среди аналогов выделены бот «RTSU.Students», «Ботик Петра I», чат-бот «ИМПЭ им. А.С. Грибоедова» и другие. Эти решения предоставляют различные функции, такие как просмотр успеваемости, получение информации о расписании и ответы на часто задаваемые вопросы. Однако они имеют ограниченный функционал и не охватывают потребности студентов.

На этапе моделирования предметной области была разработана функциональная модель системы, спроектирована логическая модель данных и создана диаграмма бизнес-процессов. В качестве инструмента для моделирования предметной области и бизнес-процессов использовалась объектно-ориентированная методология, язык UML [4] и современные CASE-средства. При подготовке проектной документации построены диаграмма вариантов использования (рисунок 1), диаграмма последовательности, диаграмма деятельности и расширенная диаграмма развертывания.

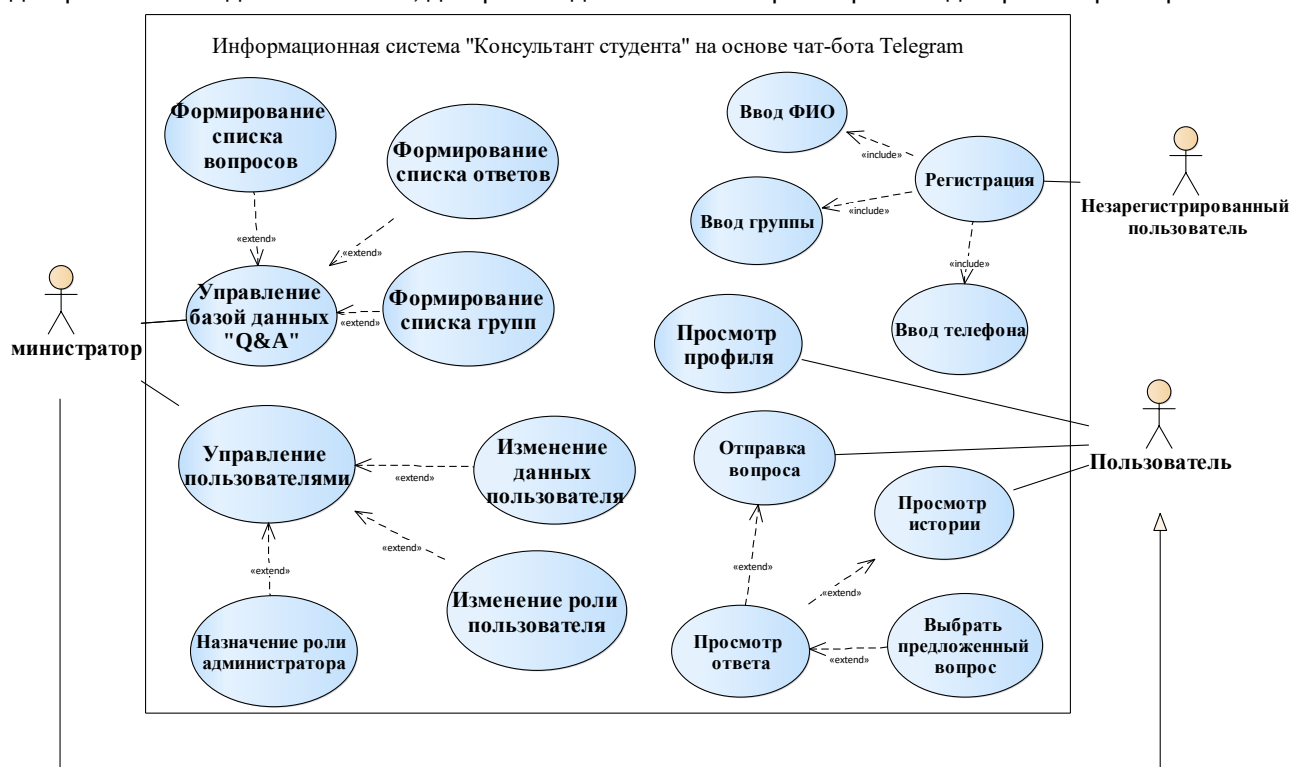


Рисунок 1 – Диаграмма вариантов использования ИС «Консультант студента»

Функциональная модель системы предполагает три основных роли пользователя ИС: администратор, зарегистрированный пользователь и незарегистрированный пользователь. Администратор имеет возможность управлять базой данных вопросов и ответов, а также управлять пользователями. Зарегистрированный пользователь может просматривать свой профиль, искать информацию и задавать вопросы. Незарегистрированный пользователь может пройти регистрацию, указав свои данные.

Для реализации системы была выбрана архитектура клиент-сервер, где клиентской частью выступает приложение Telegram, а серверная часть реализует контроллеры и обработку запросов с использованием реляционной СУБД MySQL. Telegram предоставляет Bot API, который позволяет разработчикам создавать ботов и взаимодействовать с платформой. Серверная часть системы отвечает за обработку запросов от пользователей, управление базой данных и взаимодействие с Telegram API. Серверная часть была разработана на языке PHP, который был выбран благодаря его широкой поддержке веб-хостингами и наличию библиотек для работы с Telegram API.

Клиентская часть системы представляет собой чат-бота, интегрированного в Telegram. Пользователи взаимодействуют с ботом через текстовые сообщения и кнопки, которые образуют основу разработанного с учетом современных подходов канву интерфейса [5]. Для работы с Telegram Bot API была использована библиотека Bot API PHP SDK [6], которая упрощает процесс отправки и получения сообщений, управления клавиатурами и обработки

Заключение. Разработанная информационная система «Консультант студента» на основе чат-бота Telegram представляет собой эффективное решение для оптимизации процесса поиска информации студентами. Система позволяет централизовать доступ к актуальным данным, что значительно упрощает взаимодействие студентов с университетом. В будущем систему можно расширить за счет добавления новых функций, таких как интеграция с электронными журналами успеваемости и автоматическое уведомление о изменениях в расписании.

Результаты проведенных исследований и предложенное проектное решение могут найти применение в рамках модернизации и повышения эффективности организационных мероприятий на факультете университета путем автоматизации типовых задач при коммуникации со студентами.

Программное средство и его алгоритмы имеют потенциал для дальнейшего развития и внедрения в деятельность деканата для обеспечения быстрого и удобного доступа студентов к информации касательно обучения и получения своевременных консультаций.

Список использованных источников:

1. Telegram Users Statistics (2025) – 1 Billion Users [Global Data] / By Shubham Singh [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.demandsage.com/telegram-statistics/>. (дата обращения: 05.04.2025).
2. Telegram API [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://core.telegram.org/api>. (дата обращения: 05.04.2025).
3. Информационная безопасность цифрового пространства : [монография] / [И.Л.Андреевский и др.] ; под ред. Е.В.Степашинской, И.Н.Васильевой ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, С.-Петерб. гос. экон. ун-т, Каф. вычисл. систем и программирования. Санкт-Петербург : Изд-во СПбГЭУ, 2019.
4. About the Unified Modeling Language Specification Version 2.5.1 / The Object Management Group (OMG) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.omg.org/spec/UML/>. (дата обращения: 31.03.2025).
5. Steven Hoober, Eric Berkman. Designing Mobile Interfaces. O'Reilly Media, 2011.
6. Telegram Bot API - PHP SDK [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://telegram-bot-sdk.readme.io/docs/getting-started>. (дата обращения: 31.03.2025).

UDC 004.738:378.147

“STUDENT CONSULTANT” INFORMATION SYSTEM BASED ON THE TELEGRAM CHATBOT

Bakun L.I., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Paramonov A.I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The article considers the issue of providing the educational process with additional means of communication and access to information for students. Analysis of communication tools is conducted. A reasonable choice of the widespread and popular Telegram messenger and its API interfaces is made. Important problems of the current state of the organization of the educational space and their solutions are identified. A rationale for the development of an information system based on a social survey of consumers is given. The stages and process of creating a Telegram chatbot are described. The main models of the design solution are presented..

Keywords. Telegram, Messenger, Chatbot, Educational Process, Dean's Office, API.

УДК 004.382+004.31(076.5)(075.8)

СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ СУДНОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММИРУЕМЫХ ЛОГИЧЕСКИХ КОНТРОЛЛЕРОВ

Бричак Е.Ю., студент гр.181071

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Скудняков Ю.А. – канд. техн. наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. В работе частично представлено разработанное программное средство и технологии управления единой электроэнергетической системы на базе программируемых логических контроллеров. Разработанное программное средство позволяет минимизировать риски и аварийные ситуации при эксплуатации высоковольтных систем, ярчайшей демонстрацией чего являются суда марки «ECOBUS» - пассажирские транспортные суда.

Ключевые слова. Система «ТРАНИТ», Экобас, программируемый логический контроллер, технологии, единая электроэнергетическая система.

Введение.

В связи с ситуацией в мире и необходимости эксплуатации высоковольтных систем, у крупных компаний и промышленных предприятий все чаще возникает вопрос о создании более комплексной системы управления подобных систем. В соответствии с требованиями бизнеса необходимо, чтобы стоимость разработки подобной системы управления соответствовала ликвидности будущего продукта, из-за чего вопрос стоимости всегда стоит остро.

Часто подобные системы имеют ряд аналоговых и дискретных устройств в схеме работы, что затрудняет считывание и отправку данных с подчиненных устройств. Так, программируемый микроконтроллер в большинстве случаев потребует реализации соответствующих разъемов, расположения преобразователей интерфейсов, а также дорогостоящий чип, устойчивый к помехам и нагрузкам, чтобы избежать внезапного выгорания или неработоспособности устройства. И пусть в перспективе доведённый до совершенства контроллер сэкономит большие средства. Но актуально это для крупных производств со своим закрытым циклом разработки и производства. Большинство компаний, как показывает практика, ограничены в своих возможностях, что вынуждает искать новые пути решения уже привычных задач. В таких случаях многие прибегают к ПЛК – программируемому логическому контроллеру.

ПЛК – необходимый элемент систем управления промышленными установками и производственными процессами. Применение устройства значительно расширяет функциональные возможности АСУТП и оборудования, существенно удешевляет себестоимость продукции, повышает эффективность учета и контроля [1].

Профессионально грамотно созданный контроллер представляет собой программно-техническое решение, использование которого позволяет эффективно и оперативно осуществлять мониторинг и управление различными объектами и процессами, в частности, такими важными объектами как речные и морские суда различного назначения и конструктивного исполнения. Для решения таких задач контроллеры должны обладать мощной, совместимой и интуитивно понятной системой программирования, удобством в монтаже и обслуживании, высокой ремонтопригодностью, развитыми средствами самодиагностики и контроля правильности реализации прикладных задач, средствами интеграции в единую систему, высокой надежностью и адаптивностью к окружающей среде [2].

Расширение функциональных возможностей ПЛК позволяет решать широкий спектр задач по мониторингу и управлению объектами и процессами. Однако, при этом, требуется подключение дополнительных технических и программных средств, что повышает стоимость ПЛК. Поэтому при проектировании и разработке ПЛК необходимо произвести расчет требуемого функционала, разумных финансовых издержек для достижения важного показателя качества контроллера как соотношение цена/производительность.

Основная часть.

Примером эффективности и работоспособности ПЛК является практическое его использование в процессе управления судами марки "ECOBUS", курсирующими сейчас по Москве-реке. Эти суда являются примерами экологически чистого транспорта, так как вся ходовая часть судов использует только электричество для работы.

Для регулирования подаваемого тока, преобразования постоянного в переменный, отработки приходящих с судна запросов используется система "ТРАНИТ", в основе которой заложен ПЛК (рисунки 1).

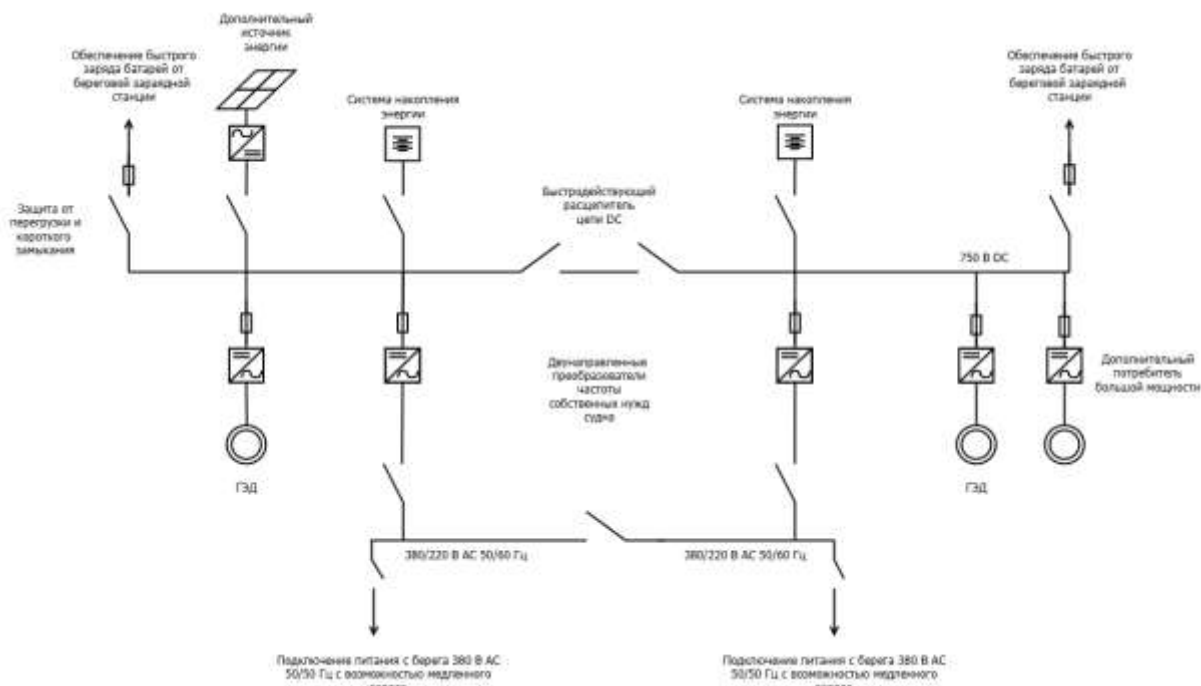


Рисунок 1 – Общая схема системы «ТРАНИТ» для судна модели «ECOBUS»

В зависимости от версии судна используются ПЛК разных производителей – российской компании FASTWEL и тайваньской компании Weintek. У каждого из ПЛК имеется ряд своих преимуществ и недостатков.

ПЛК на базе модулей серии Fastwell/O предназначены для измерения, контроля и регулирования параметров дискретных, периодических и непрерывных технологических процессов, представленных электрическими сигналами с дискретным и непрерывным изменением параметров, для обмена данными и командами между вычислительными устройствами ПЛК, а также с автоматизированными системами оперативно-диспетчерского управления [3].

Главным преимуществом ПЛК от Fastwel является его производитель. Это делает его наиболее устойчивым к изменениям в мире ПЛК.

Также, на протяжении всей разработки сотрудники Fastwel активно поддерживают разработчиков и помогают решать проблемы, возникающие во время настройки и эксплуатации ПЛК. Также данный факт сказывается на цене устройства.

Однако у данного ПЛК есть существенный недостаток – проблемы с адаптированным ПО. Из-за особенностей шины FBUS, которую Fastwel специально разработали для ПЛК, стандартное ПО для разработки требует отдельной настройки.

Промышленный контроллер с MT-CTRL01 и модули ввода/вывода серии IRWEINTEK применяются для принятия и обработки различных сигналов. Модули Weintek бывают аналоговые (AI, AO), дискретные (DI, DO) релейные (RO) и температурные (AI), а также они делятся по количеству каналов. Также в составе модулей Weintek бывают коммутационные модули для связи по промышленным протоколам с другими устройствами (Modbus, CanBus, EtherCAT). В нашем каталоге можно найти модули расширения с различными характеристиками [4].

ПЛК от Weintek являются наиболее дешевыми вариантами в сравнении со многими аналогами. Также большим плюсом является то, что компания Weintek выпускает ряд устройств, в том числе и панели HMI, которые легко соединяются в единую систему устройств, что сильно упрощает последующую работу.

Так, судна второй очереди выполнены на ПЛК от Weintek, что позволило избежать трудностей в разработке обновленного программного обеспечения для системы «ТРАНИТ», свойственных ПЛК от Fastwel. Однако, ПЛК от Weintek также имеет свои ограничения. Так, работа по некоторым протоколам может производиться лишь с определенной версией данного протокола. Иначе может возникнуть ряд проблем в подключении устройств в сети.

Одним из основных достоинств ПЛК являются дискретные и аналоговые модули расширения. Преимущество данных модулей кроется в названии: они позволяют считывать данные и отправлять команды на подчинённые устройства в зависимости от вида подключения. Так, дискретные модули позволяют общаться и принимать данные с программируемых или дискретных устройств сети, как счетчики напряжения.

Аналоговые модули работают по тому же принципу, но уже с устройствами, чей сигнал не подлежит дискретизации.

ПЛК позволяет аккумулировать данные с разных устройств и выстроить логику работы, основываясь на считываемых значениях.

К примеру, при превышении температуры одного из важных элементов сети ПЛК, считав температуру через аналоговый вход, зафиксирует аварию, прервет алгоритм и разорвет цепь в необходимых местах. Или же, считав данные через дискретный вход, ПЛК может отправить соответствующую команду или набор данных через дискретный выход на подчиненное устройство.

Сам ПЛК является аналогово-дискретным устройством, внутри себя использующий микроконтроллер. В сути своей это малая вычислительная машина, обладающая собственной оперативной и постоянной памятью, процессором для вычисления и выводами для реализации пользовательского интерфейса.

Сделано это с целью максимальной адаптации устройства к возможными возникающим условиям и необходимости решения задач.

Документация по разным ПЛК позволяет манипулировать при необходимости даже системными настройками, реализуя различную логику для специфичных задач.

Приводя пример из практики, устройства от компании Weintek не могут реализовывать внутри себя стандартными методами CODESYS модель поведения Slave-устройства в системе. То есть и ПЛК, и панель ПДУ от данного производителя не могут обрабатывать запросы по умолчанию. Они могут их лишь формировать и отправлять.

Однако, благодаря некоторым внутренним настройкам и реализации некоторых библиотек, которые существуют в базе CODESYS, можно написать свой ModBusServer, позволяющий создать на ПЛК или панели ПДУ сервер обработки запросов, имитирующий Slave-устройство в сети (рисунок 2).

```
PROGRAM MB_SLAVE_HMI_510
VAR
    MB_SERVER_510: ModbusTCP_Slave.ModbusServer;
END_VAR
```

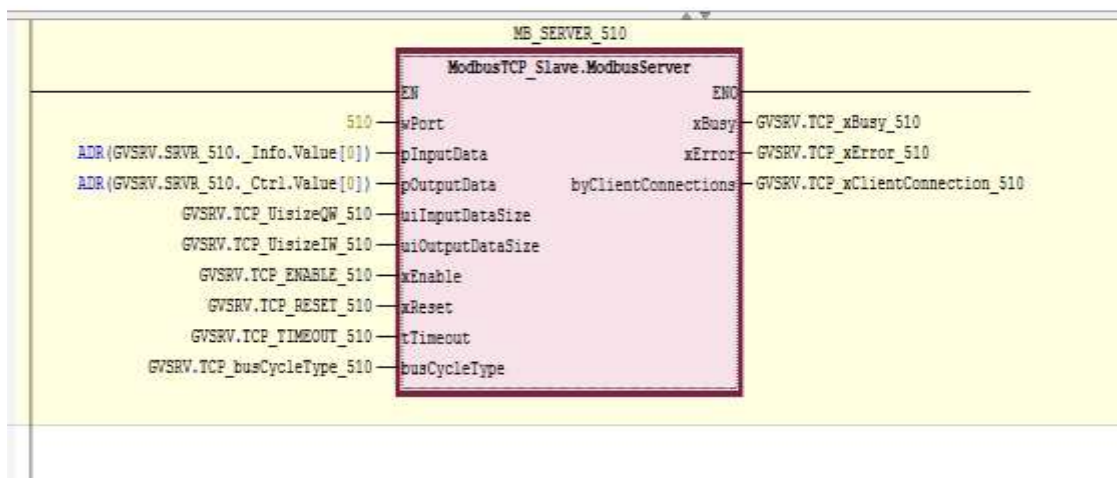


Рисунок 2 – Пример ModBusServer из проекта, выполненного на пошаговых функциональных графиках (SFC)

В данном объекте сервера указываются:

1. сам блок и его тип данных;
2. его порт общения с устройствами в сети;
3. адрес начального регистра на запись;
4. адрес начального регистра на чтение;
5. размер регистра на запись;
6. размер регистра на чтение;
7. бит статуса доступности порта;
8. бит статуса перезапуска порта;
9. переменная-счетчик, определяющая время простоя;
10. бит занятости сервера;
11. бит ошибок сервера;
12. количество клиентов у сервера.

Последние три являются выходными значениями блока и позволяют отслеживать его состояние в работе. Это лишь один из примеров реализации сторонних алгоритмов для обхода ограничений, заложенных производителем. Тем не менее, это лишний раз подчеркивает гибкость ПЛК, как программируемого устройства.

Важную часть в работе ПЛК играют поддерживаемые протоколы. Выше уже упоминалась шина FBUS для ПЛК от Fastwel. Для передачи данных по шине разработчики из Fastwel реализовали одноименный протокол передачи данных по модулям расширения. У Weintek эту же функцию исполняет стандартизированная шина IBus,

Данная шина и протокол позволяют передавать данные с модуля на модуль, пока те не окажутся в оперативной памяти ПЛК. Так же, устройства поддерживают вышеупомянутые ModBus, EtherCAT и CanBus.

EtherCAT – это технология промышленного Ethernet в реальном времени, изначально разработанная компанией Beckhoff Automation. Протокол EtherCAT, описанный в стандарте IEC61158, подходит для жестких и мягких требований к работе в реальном времени в технологиях автоматизации, при испытаниях и измерениях, а также во многих других областях.

Основное внимание при разработке EtherCAT уделялось короткому времени цикла (≤ 100 мкс), низкому джиттеру для точной синхронизации (≤ 1 мкс) и низкой стоимости оборудования.

EtherCAT был представлен в апреле 2003 года, а EtherCAT Technology Group была основана в ноябре 2003 года. Тем временем ETG превратилась в крупнейшую в мире организацию по промышленным сетям Ethernet и полевым шинам. ETG объединяет производителей и пользователей, которые в составе технических рабочих групп вносят свой вклад в развитие технологии EtherCAT [5].

Полевая шина CAN (ControllerAreaNetwork) характеризуется высокими скоростью передачи данных и помехоустойчивостью, а также способностью обнаруживать любые возникающие ошибки. Не удивительно, что благодаря этому CAN сегодня широко используется в таких областях, как автомобильный и железнодорожный транспорт, промышленная автоматика, авиация, системы доступа и контроля.

По данным ассоциации CiA (CANinAutomation, www.can-cia.de), в настоящее время в эксплуатации находится около 300 млн CAN-узлов по всему миру. В Германии CAN-шина занимает первое место по популярности среди остальных полевых шин.

В данной статье приводится общее описание и технические характеристики CAN-шины и описывается логика ее работы. Приводится описание встроенных модулей CAN, автономных контроллеров на примере микроконтроллеров (МК) Infineon, трансиверов и дросселей [6].

ModBus так же является протоколом для передачи данных между устройствами сети. Основной особенностью является строгая адресация, разбиваемая по 16 бит. Это позволяет передавать данные на большой скорости, минимизируя время на обработку принятых данных. Данный способ так же имеет свои недостатки.

Если адресация была нарушена в одном месте, то все последующие данные также сместятся на соответствующую длину вставленной команды. Благодаря протоколу ModBus внутри системы «ТРАНИТ» также налажено общение между двумя ПЛК двух отделений. Также через ModBus реализовано общение с дополнительными модулями ПЛК, они же коптеры. Не стоит путать модули расширения и дополнительные модули. Первые – аналоговые и дискретные модули ввода и вывода. Вторые – дополнительные модули, находящиеся на отдалении, имеющие свой адрес, к которым также по шине расширения можно подключить модули расширения для агрегации данных из другой подсети, требующей комплексного подключения. Делается это с целью сэкономить рабочее пространство и не вести десятки проводов из подчиненных устройств к модулям расширения самого ПЛК. Также стоит отметить, что имеется два вида протокола ModBus – ModBusRTU и ModBusTCP. Оригинальным протоколом является ModBusRTU, предназначенный для общения устройств через интерфейсы RS-232 и RS-485. ModBusTCP является логическим продолжением, сохраняя логику строкой адресации оригинального протокола, но доработанный для передачи данных через кабель Ethernet по протоколу TCP/IP.

Все вышеперечисленное позволяет составить сложносочиненную комплексную систему передачи данных для последующей работы алгоритма.

Самой важной частью ПЛК, без которой он не может быть допущен до производства, – это реализованная поддержка языков программирования МЭК61131-3.

Стандарт МЭК 61131-3 включает в себя 5 языков:

- LD - (Ladderdiagram) Лестничные диаграммы;
- FBD - (Functionblockdiagram) Диаграммы функциональных блоков;
- SFC - (Sequentialfunctionchart) Пошаговые функциональные графики;
- ST - (Structuredtext) Структурный текст;
- IL - (Instruction list) Список инструкций [7].

Основным является StructuredText - один из пяти языков, поддерживаемых стандартом МЭК 61131-3, разработанный МЭК (международной электротехнической комиссией) для Программируемых Логических Контроллеров (PLC). Это язык высокого уровня, блочно структурированный и синтаксически напоминающий Pascal, на котором он и основан.

Все языки стандарта МЭК 61131-2 основаны на единой платформе. Многие их элементы (переменные, система адресации, функции, функциональные блоки и многое другое) определены в них одинаково. Это позволяет одновременно использовать различные языки при создании отдельных программных компонентов (POU), даже в рамках одного программного проекта.

Все языки стандарта МЭК 61131-3 основаны на единой элементной базе. Переменные и функции определяются на общей платформе, поэтому могут быть использованы во всех пяти языках внутри стандарта МЭК 61131-3 и одновременно в одной программе.

ST, как он задуман стандартом МЭК 61131-3, является довольно мощным языком, ничем не уступающим Си. Все ограничения языка ST в большинстве случаев обусловлены его реализацией конкретным вендором, нежели самим стандартом.

Последняя особенность, которую нужно упомянуть – цикличность работы ПЛК. То есть, каждое n-е количество миллисекунд, которые мы задаем сами в проекте, ПЛК повторяет написанный алгоритм, опрашивает по модулям расширения и дополнительным модулям подчиненные устройства и выполняет логику, свойственную в тех или иных ситуациях.

Основным местом разработки алгоритмов для ПЛК является среда разработки CODESYS. Программная среда поддерживает сотни ПЛК и библиотек. Так, и ПЛК от Fastwel, и ПЛК от Weintek поддерживают проекты, написанные в CODESYS. Среда разработки также является мощным инструментом тестирования и наладки программ. Также среда позволяет подключаться и наблюдать приходящие значения и исполнение алгоритмов, «на горячую» вносить изменения в переменные и управлять отдельными устройствами через манипуляцию в регистре.

Заключение. Описанные выше технологии, устройства и готовые программные решения позволяют управлять высоковольтными промышленными устройствами, одним из которых и является электроэнергетическая система «ТРАНИТ». Два устройства, связанные друг с другом через ПЛК и общую шину, используют все вышеперечисленные особенности для постоянной бесперебойной работы, управляя напряжением до 800В и током до 700А. И во многом это возможно благодаря специфике ПЛК и правильному использованию поддерживаемых технологий.

Список использованных источников:

1. Промышленный контроллер: для чего нужен, устройство и виды ПЛК/ VEDAMS [Электронный доступ] Режим доступа:– <https://drives.ru/stati/chto-takoe-promyshlennyj-kontroller/>.
2. Лившиц, Ю. Е. Программируемые логические контроллеры для управления технологическими процессами : учебно-методическое пособие и лабораторные работы / Ю. Е. Лившиц, В. И. Лакин, Ю. И. Монич. – Минск : БНТУ, 2014. – Ч. 1. – 206 с.
3. Fastwel I/O/ Сайт Fastwel [Электронный доступ] – Режим доступа: www.fastwel.ru/products/fastwel-plc/fastwel-io/.
4. cMT-CTRL01/ Сайт «Доступная автоматика» [Электронный доступ] Режим доступа:– https://xn----8sbk.xn--p1ai/plc/weintek_module/.
5. EtherCAT / Сайт «EtherCatTechnologyGroup» [Электронный доступ] Режим доступа:<https://www.ethercat.org/en/technology.html>.
6. CAN-шина в промышленных сетях / Сайт «Компоненты и технологии» [Электронный доступ] Режим доступа:– <https://www.ethercat.org/en/technology.html>.
7. Романов, С. Изучаем Structured Text стандарта МЭК61131-3 / С.Романов – Бешкек, с. 16.

UDC 004.382+004.31(076.5)(075.8)

SHIP MANAGEMENT SYSTEM USING PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLERS

Brichak E. Yu., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Skudnyakov Yu.A. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Annotation. The paper partially presents the developed software and control technologies of a unified electric power system based on programmable logic controllers. The developed software tool makes it possible to minimize risks and emergencies during the operation of high-voltage systems, the clearest demonstration of which are ECOBUS brand vessels - passenger transport vessels.

Keywords. TRANIT system, Ecobase, programmable logic controller, technologies, unified electric power system.

УДК 004.42+378.147

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ АДАПТИВНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Васильев А.С., студент гр. 181075

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Кунцевич О.Ю. – канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. Рассмотрены вопросы разработки веб-приложения для реализации обучения в рамках адаптивного образовательного процесса, представлен концепт пользовательского интерфейса приложения, обоснован выбор средств разработки, перечислены достоинства и недостатки применения разработки в виде Web-приложения. В качестве языков программирования были выбраны C# и JavaScript с использованием фреймворка ASP.NET Core и библиотеки React. Отличительной чертой веб-приложения от аналогов являются: доступность на русском языке, простота использования, возможность для любого пользователя найти и изучить любой открытый курс или создать свой собственный курс.

Ключевые слова. Программное обеспечение, разработка приложений, адаптивное обучение.

Введение. Адаптивное обучение – это подход, использующий технологии для персонализации учебного процесса, подстраивая его под индивидуальные потребности каждого ученика, что повышает эффективность и мотивацию. Современные технологии позволяют решать задачи в области искусственного интеллекта и анализа данных, что особенно актуально в электронном обучении. Многие компании внедряют элементы адаптивного обучения, особенно в дополнительном и корпоративном обучении, а также в изучении языков.

В высшем образовании технологии адаптивного обучения пока не получили широкого распространения, так как их внедрение требует значительных изменений в образовательной системе. Однако разработки продолжают появляться, и компании активно работают над их интеграцией в цифровые среды высших учебных заведений [1].

Цель разработки – создание веб-приложения, которое персонализирует образовательный процесс, адаптируя материал и методы обучения под индивидуальные потребности учащихся. Веб-приложение будет способствовать повышению эффективности обучения. Разработка направлена на создание эффективной образовательной среды, которая улучшает результаты обучения и поддерживает преподавателей в их работе.

Задачи разрабатываемого приложения:

- обеспечить возможность создания учебных курсов и модулей, включая наполнение модулей учебным материалом и тестовыми вопросами;
- обеспечить вводное тестирование для пользователей-учащихся и персонализация курса по результатам вводного тестирования;
- адаптировать учебный процесс путем формирования списка тестовых вопросов для прохождения по окончании изучения материала модуля с учетом успехов прохождения предыдущих вопросов внутри одного учебного курса;
- сохранять и представлять на пользовательском интерфейсе статистику об ответах на тестовые вопросы.

На этапе анализа предметной области был произведен анализ существующих аналогов, основными ограничениями которых являются:

- доступность только для англоязычной аудитории;
- эффективность адаптивных алгоритмов зависит от качества данных и технологий;
- пользователям может потребоваться время для адаптации к интерфейсу и функциональности платформы.

Практическая значимость результатов разработки заключается в возможности применения веб-приложения в области образования.

Основная часть. Определим назначение и возможности ПС:

- главной задачей разрабатываемого приложения является персонализация образовательного процесса, адаптируя материал и методы обучения под индивидуальные потребности учащихся.
- приложение будет обеспечивать возможность создания учебных курсов и модулей, включая наполнение модулей учебным материалом и тестовыми вопросами;
- обеспечение вводного тестирования для пользователей-учащихся и персонализация курса по результатам вводного тестирования;
- адаптация учебного процесса путем формирования списка тестовых вопросов для прохождения по окончании изучения материала модуля с учетом успехов прохождения предыдущих вопросов внутри одного учебного курса;

— сохранение и представление на пользовательском интерфейсе статистики об ответах на тестовые вопросы.

Для разработки веб-приложения были выбраны языки программирования C# и JavaScript, система управления базами данных PostgreSQL, библиотека React для языка программирования JavaScript, фреймворк для серверных веб-приложений ASP.NET Core. C# предлагает строгую типизацию и компиляцию, что повышает надежность и безопасность кода, а ASP.NET Core часто демонстрирует более высокую скорость обработки запросов, чем аналогичные фреймворки [2, 3], что делает их оптимальным решением для серверной части веб-приложения.

Прохождение курса пользователями включает в себя обязательное прохождение вводного тестирования при первом открытии курса, изучение учебных модулей, после чего прохождение тестирования. Процесс тестирования в конце изучения модуля адаптирован персонально для каждого пользователя – в тесте могут попадаться вопросы как из текущего, так и из пройденных модулей, что отображено на рисунке 1.

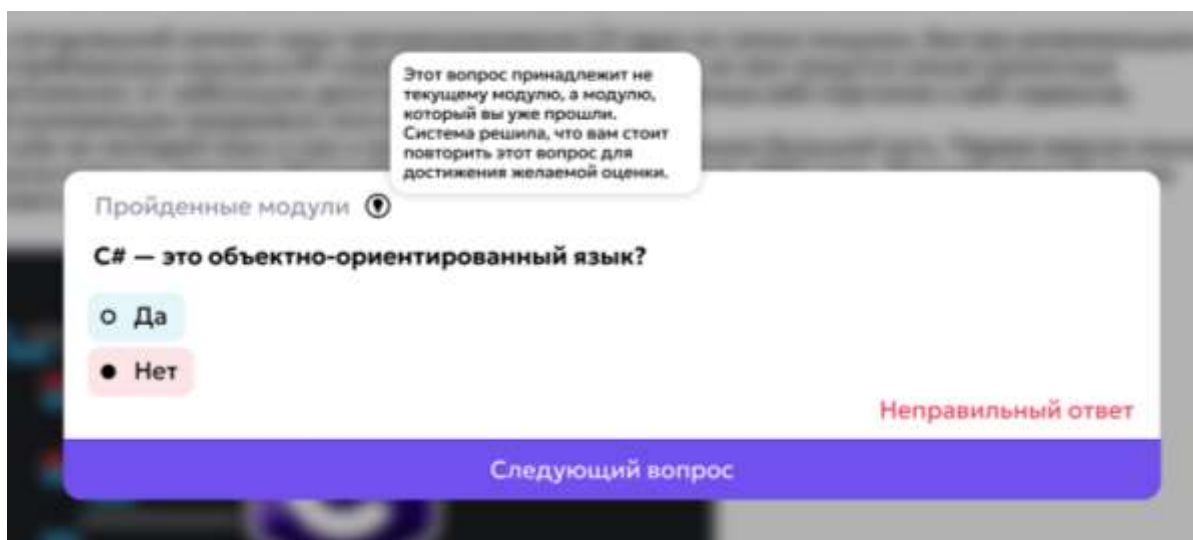


Рисунок 1 – Отображение тестового вопроса из пройденного модуля

Перечень вопросов, сгенерированный для пользователя, формируется с учетом успехов пользователя в тестировании из прошлых учебных модулей курса, что обеспечивает элементы адаптивности системы (рисунок 2).

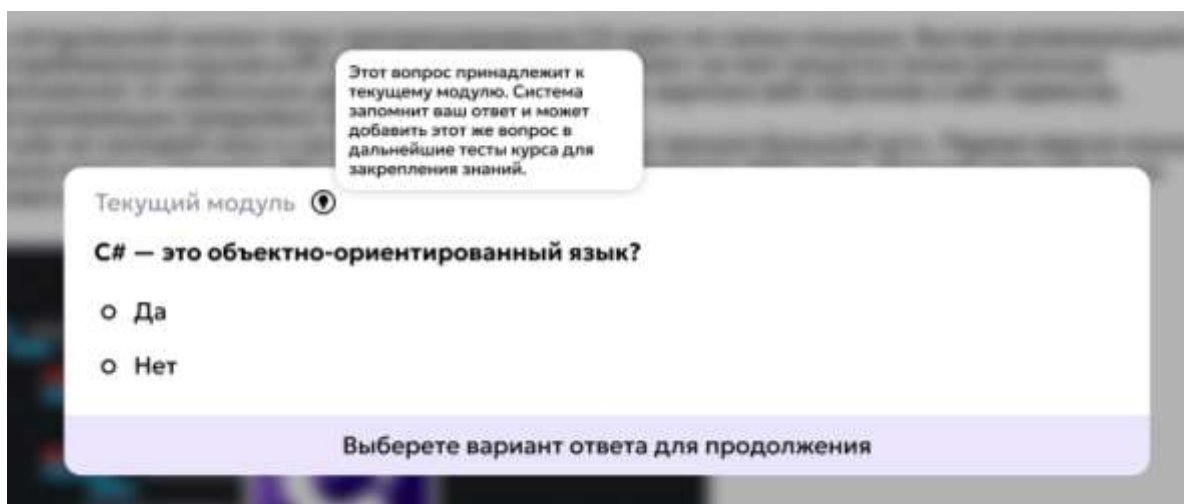


Рисунок 2 – Отображение тестового вопроса из текущего модуля

Тестирование играет ключевую роль в образовательном процессе для студентов. Система должна формировать перечень вопросов, основанных на пройденном материале, что позволяет учащимся оценить свои знания и в дальнейшем позволить системе персонально адаптировать материал. Схема алгоритма формирования перечня вопросов к учебному модулю представлена на рисунке 3.

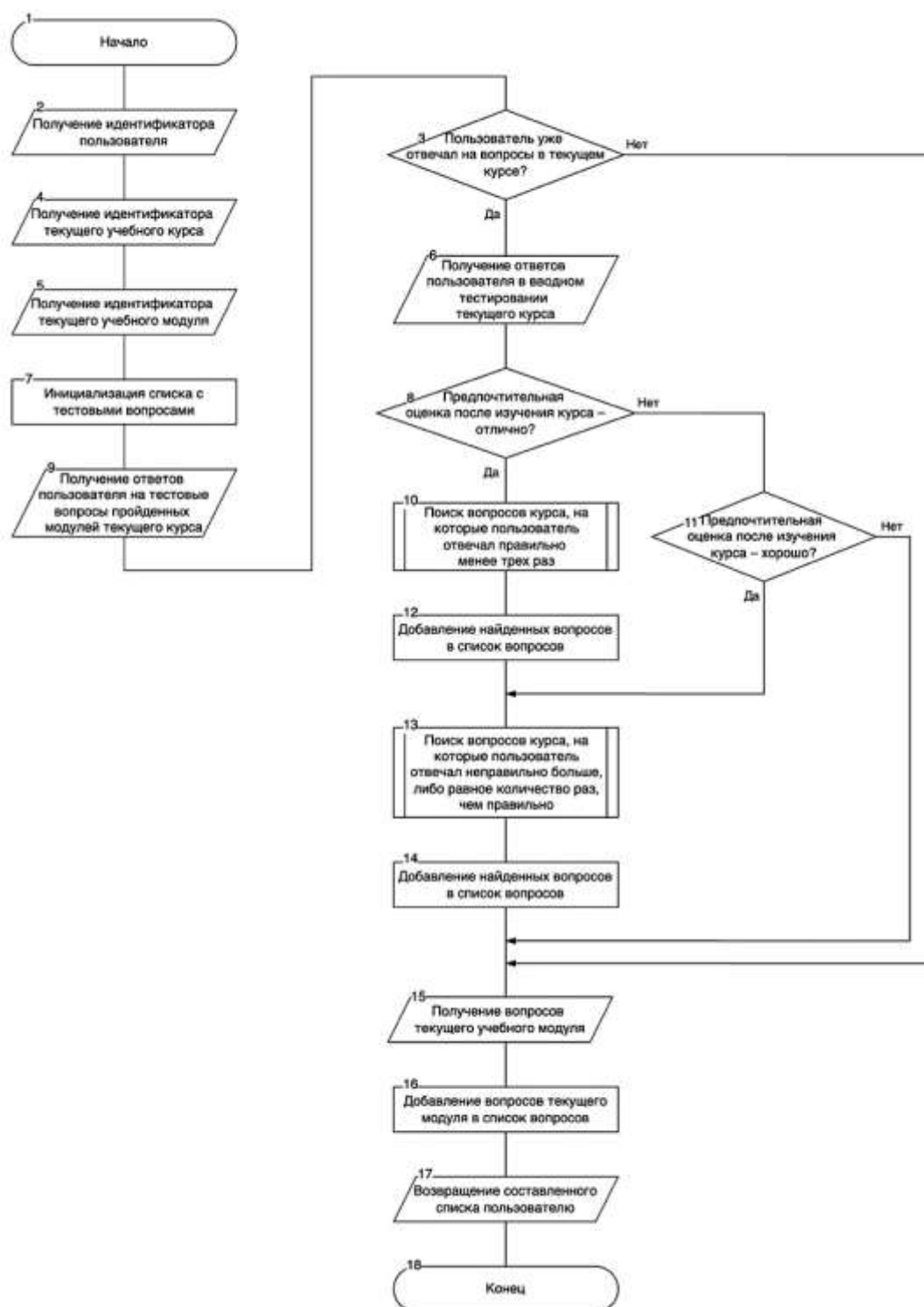


Рисунок 3 – Блок-схема алгоритма формирования перечня вопросов к учебному модулю

Уникальность и отличия разработки от аналогичных приложений заключается, в частности, в следующих пунктах:

- простота использования;
- доступность на русском языке;
- возможность для любого пользователя найти и изучить любой открытый курс или создать свой собственный курс.

Далее рассмотрим разработанный в рамках проекта концепт (интерфейс) веб-приложения:

- в верхней части экрана отображаются навигационное меню и меню текущего пользователя;
- на основной части страницы представлены содержание учебного модуля, список тестовых вопросов, панель инструментов для форматирования содержания модуля.
- нажав кнопку «Сохранить» все текущие изменения записываются в базу данных;

— после нажатия на кнопку «Добавить вопрос» появляется модальное окно с формой создания тестового вопроса, где можно ввести текст вопроса, указать тип варианта ответа и ввести варианты ответов;

— при нажатии на пункты навигационного меню происходит перемещение между страницами приложения;

— нажатие на меню текущего пользователя вызывает отображение полного меню с элементами управления учетной записью и кнопка выхода из учетной записи пользователя.

Есть страница «Мои курсы», которая содержит список из карточек курсов, в которых пользователь является участником. Для начала обучения необходимо нажать на одну из карточек курсов из списка, после чего произойдет переход на страницу содержимого курса.

На странице «Найти курс» пользователь может найти курсы, открытые для всех пользователей и добавить себя в участники курса.

Создать новый курс можно путем нажатия кнопки «Создать курс» на странице «Управление курсами», а затем заполнением формы с общей информацией о курсе.

Для тестирования разработанного программного средства было использовано функциональное тестирование с созданием тест-кейсов. Это позволило своевременно выявлять и устранять баги, обеспечивая надежность и стабильность работы приложения.

Заключение. Разработанное веб-приложение для реализации обучения в рамках адаптивного образовательного процесса персонализирует образовательный процесс, адаптируя материал и методы обучения под индивидуальные потребности учащихся.

Веб-приложение выделяется среди своих аналогов доступностью на русском языке, простотой использования и возможностью для любого пользователя найти и изучить любой открытый курс или создать свой собственный курс.

Адаптивный образовательный процесс, который применен в разработанное веб-приложение, основывается на использовании подхода вводного тестирования. Этот подход позволяет пользователю активно участвовать в формировании своего образовательного пути. На начальном этапе обучения пользователь проходит вводное тестирование, в ходе которого ему предлагается выбрать параметры, наиболее соответствующие его предпочтениям в изучении учебных модулей. Это тестирование играет ключевую роль, так как его результаты анализируются и используются для настройки образовательного контента.

Список использованных источников:

1. Кречетов, И.А. Реализация методов адаптивного обучения / И.А. Кречетов, В.В. Романенко // Вопросы образования. — 2020. — № 2. — С. 252–277.
2. .NET | Build. Test. Deploy [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://dotnet.microsoft.com/en-us/>. — Дата доступа: 23.09.2024.
3. Round 22 results — TechEmpower Framework Benchmarks [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.techempower.com/benchmarks/>. — Дата доступа: 23.09.2024.

UDK 004.42+336.743

WEB APPLICATION FOR THE IMPLEMENTATION OF LEARNING WITHIN THE ADAPTIVE EDUCATIONAL PROCESS

Vasilyev A.S., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Kuntsevich O.Yu. – Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor

Annotation. The article discusses the issues of developing a web application for the implementation of learning within the framework of an adaptive educational process, presents the concept of the user interface of the application, justifies the choice of development tools, and lists the advantages and disadvantages of using development in the form of a Web application. C# and JavaScript using the ASP.NET Core framework and the React library were chosen as programming languages. A distinctive feature of the web application from its analogues are: accessibility in Russian, ease of use, and the ability for any user to find and study any open course or create their own course.

Keywords. Software, application development, adaptive learning.

УДК 004.4+681.518

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОЙ БАЗЫ ЗНАНИЙ С АВТОМАТИЧЕСКОЙ КЛАССИФИКАЦИЕЙ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Веревкин А.А., студент гр.181074

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Кунцевич О.Ю. – канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. Рассмотрены вопросы разработки программного средства для ведения и управления персональной базой знаний, представлен концепт пользовательского интерфейса приложения, обоснован выбор средств разработки, перечислены достоинства и недостатки применения разработки в виде настольного приложения. В качестве языка программирования выбран язык JavaScript. Отличительной чертой программного средства от аналогов являются: визуализация данных, автоматическая классификация данных.

Ключевые слова. Программное обеспечение, разработка приложений, визуализация данных.

Введение. Предметная область данной работы связана с классификацией и категоризацией информации, что позволяет систематизировать знания и упорядочивать восприятие мира. Категоризация рассматривается как процесс формирования понятий, обобщающих результаты познавательной деятельности, и основывается на различных подходах: классическом, прототипическом, когнитивном, логическом, полевым и оппозитивным.

Например, прототипическая теория предполагает, что у каждой категории есть центральный пример (прототип), вокруг которого группируются остальные её элементы в зависимости от степени сходства. Когнитивный подход делает акцент на гибкости, градиентности и зависимости категорий от контекста и опыта [1]. Современные методы управления знаниями, такие как Zettelkasten, помогают создавать взаимосвязанные сети заметок, структурировать информацию и стимулировать развитие идей [2]. Для автоматизации классификации и категоризации текстовой информации используются методы обработки естественного языка и тематического моделирования. Эти технологии позволяют эффективно анализировать большие объёмы текстов, создавая структурированные базы знаний и улучшая поиск и обработку данных.

На сегодняшний день существует достаточно большое количество программных средств, реализующих ведение и группировку заметок для структуризации знаний. К таким программным средствам можно отнести TiddlyWiki, Zoho Notebook, Obsidian. В свою очередь, TiddlyWiki представляет собой веб-приложение, основанное на HTML/JavaScript, которое позволяет создавать персональные веб-страницы. Недостатками данного приложения являются сложность его первоначальной настройки и проблемы с сохранением данных на устройстве. Поскольку приложение после каждого сохранения генерирует новый HTML файл и сохраняет его на устройстве, то это вызывает проблемы с контролем версий персональных веб-страниц.

Zoho Notebook является облачным программным средством для ведения заметок [3]. Представляет собой визуальную систему управления автономными заметками. Недостатками этого средства являются: отсутствие локального хранения данных, нет поддерживаемых связей между заметками, поскольку программное средство фокусируется на простых независимых заметках.

Obsidian представляет собой программное средство для управления заметками и базами знаний, которое фокусируется на создании взаимосвязанных заметок с помощью внутренней сети связей [4]. К недостаткам можно отнести сложность использования, особенно для пользователей, которым нужны простые текстовые заметки и отсутствие сохранения по умолчанию данных в удаленном хранилище.

Практическая значимость результатов разработки заключается в возможности применения программного средства в области самообразования, исследования новых процессов, структуризации объемных и комплексных областей знаний. Оно помогает автоматически распределять заметки, документы или статьи по категориям, что ускоряет поиск информации. Система полезна для учёных, студентов и аналитиков, позволяя эффективно управлять знаниями, выявлять связи между идеями и находить еще не описанные области. Также инструмент подходит для самообразования, позволяя создавать тематические подборки материалов и облегчая работу с новыми данными. Такое решение значительно повышает продуктивность в изучении новой области знаний.

Основная часть. После анализа предметной области и обзора существующих аналогов, в рамках данного исследования были определены назначение и возможности программного средства:

— главной задачей разрабатываемого приложения является облегчение ведения и управления пользовательской информацией о различных областях исследований, реализуя современные методы управления знаниями.

— программное средство должно быть кроссплатформенным и предоставлять возможность сохранения данных как локально на устройстве, так и в удаленном хранилище.

— программное средство должно осуществлять возможность автоматизации работы категоризации информации среди определенных пользователем категорий.

— программное средство предоставит возможность визуализации данных пользователя в виде графа, который также возможно использовать для навигации по заметкам.

Уникальность и отличия разработки от аналогичных программных средств заключается, в частности, в следующих пунктах:

- связывание заметок через ссылки;
- поддержка локального сохранения и в удаленном хранилище;
- визуализация связей и заметок;
- автоматическая категоризация пользовательских заметок.

Реализация программного средства была выполнена с помощью языка программирования JavaScript, используя фреймворк NW.js [5]. Кроме того, была использована система управления реляционными базами данных MySQL [6], а также редактор кода Visual Studio Code.

Одним из ключевых предпроектных этапов разработки программного обеспечения является системный анализ и моделирование предметной области. В рамках этого этапа была создана контекстная диаграмма IDEF0, отображенная на рисунке 1.



Рисунок 1 – Контекстная диаграмма A-0 в нотации IDEF0

При запуске программного средства отображается окно авторизации пользователя. Здесь также доступна регистрация нового пользователя по имени и адресу электронной почты. После успешной авторизации в системе, пользователю будут доступны основные модули программного средства.

На рисунке 2 отображено главное окно программного средства.

Левая панель программного средства отвечает за навигацию и отображение категорий и заметок пользователя. Данная панель поддерживает функции создания, редактирования и удаления категорий и заметок пользователя.

Редактирование заметок и категорий на левой панели предполагает изменение их названия, а для изменения содержания заметки, используется центральная панель программного средства. Кроме того, для каждой категории и заметки здесь отображены кнопки выполнения функции отправки заметок в удаленное хранилище и обновления заметки. Также здесь присутствует переключатель отображения графа заметок.

Центральная панель представляет собой модуль форматирования активной заметки, которую выбрал пользователь на левой панели. Здесь присутствуют кнопки инструментов редактирования текста в разметке Markdown, а также переключатель отображения разметки. Для связывания двух заметок, можно воспользоваться тегом Markdown разметки, отвечающим за отображения ссылок. В качестве ссылки можно использовать название заметки. После установки ссылки связь между заметками будет отображена на графе.

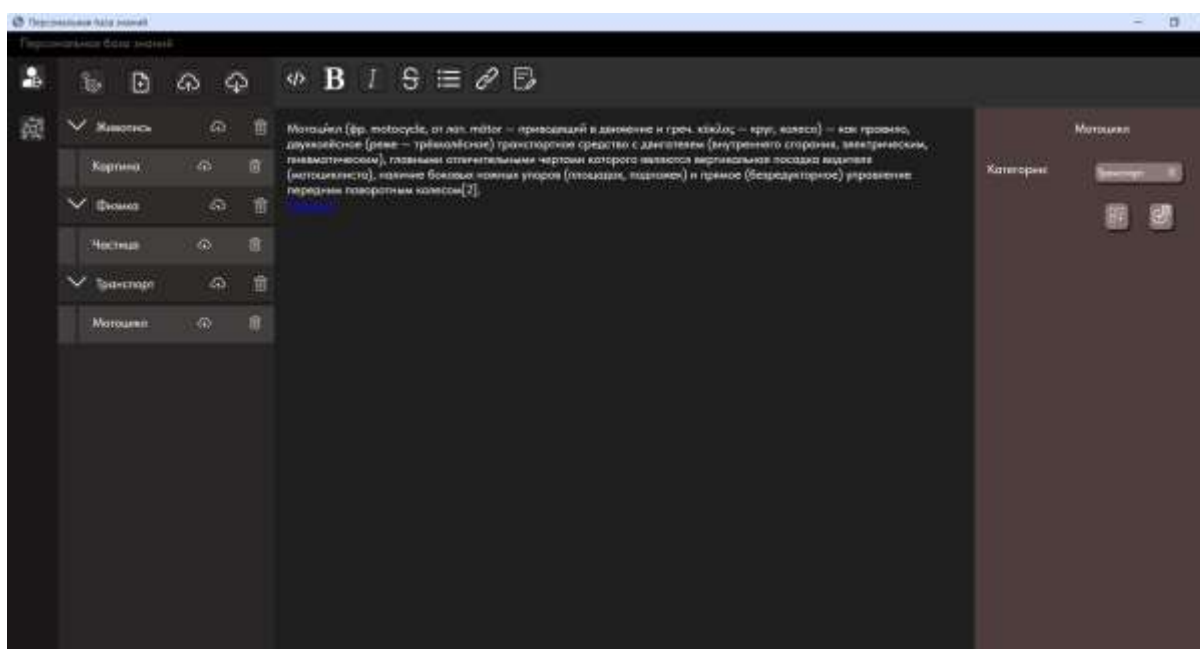


Рисунок 2 – Основные панели программного средства

Кроме того, здесь есть переключатель отображения правой панели программного средства, где находится информация о категориях, к которым относится активная заметка. Также на правой панели есть инструменты управления заметкой с точки зрения категорий. Здесь отображен лист категорий, к которым относится активная заметка.

В разработанном приложении существует два режима добавления категории: ручная и автоматическая. Ручной способ предполагает добавление активной заметки к одной из уже определенных пользователем категорий. Другими словами, ручной способ состоит из выбора пользователем категорий, к которым данная заметка еще не была отнесена. Автоматический способ добавляет наиболее подходящую по тексту категорию к заметке. Программное средство, используя текстовую модель данных, анализирует текст и названия категорий пользователя. Когда наиболее подходящий вариант категории найден, она добавляется к заметке автоматически. Этот способ наиболее простой, и хорошо подойдет для заметок, которые наиболее полным образом описывают ту или иную сущность. Также пользователю предоставлена возможность удаления заметки из категории.

На рисунке 3 отображен пример графа заметок.

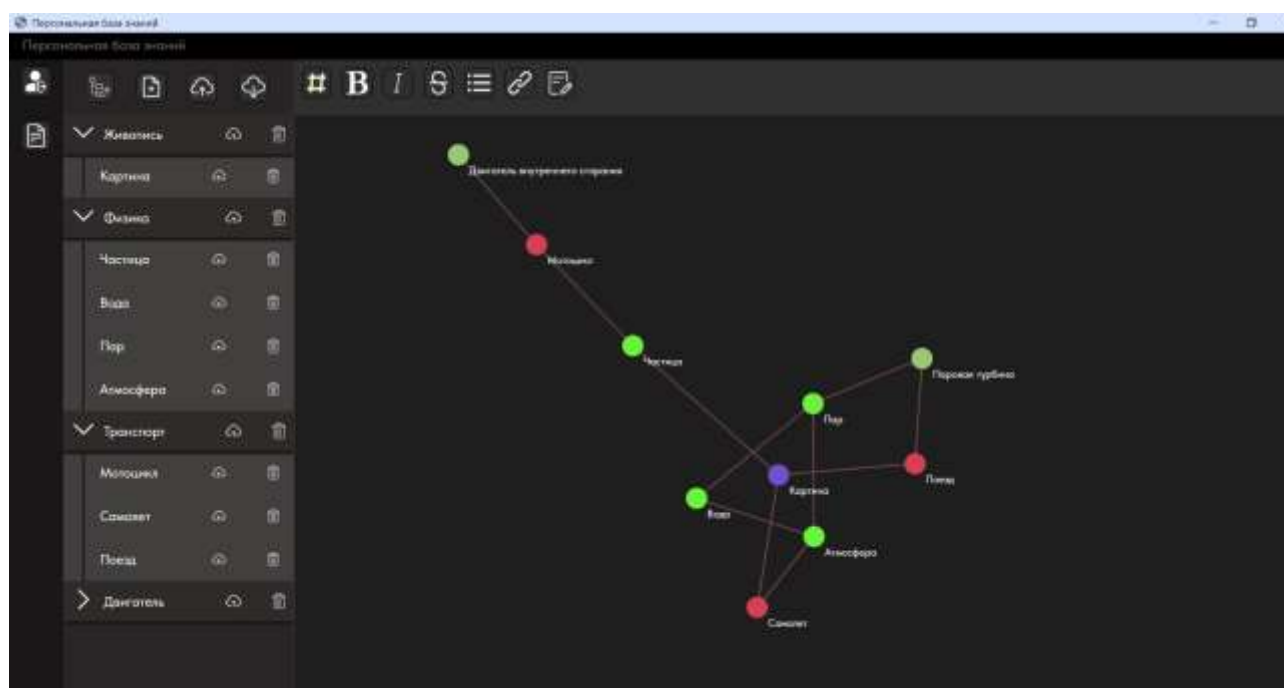


Рисунок 3 – Пример графа заметок

Каждый узел графа отображает заметку пользователя, при этом цвет узла одинаковый для каждой категории. Этот граф возможно двигать и изменять положения узлов для удобства пользователя или на случай попадания названий узлов друг на друга. Также этот граф может

использоваться для навигации, например, по двойному нажатию на узел будет произведен переход к заметке.

В ходе проверки работоспособности программного средства были протестированы функции управления категориями и заметками, локального сохранения, сохранения в удаленном хранилище, установки ссылок между заметками, ручного и автоматического присваивания категорий, отображения графа заметок.

Так, например, проведено тестирование автоматической классификации пользовательской заметки. В программном средстве были определены пять новых категорий заметок. Затем была создана текстовая заметка небольшого размера на одну из тем. Задача данной проверки состояла в удостоверении, что автоматический классификатор способен установить тему текста заметки из предложенных категорий. Ожидаемый результат совпал с фактическим, таким образом классификатор справился со своей задачей.

Для проведения функционального тестирования программного средства рассмотрены тест-кейсы по проверке создания новой заметки, проверке поиска по заметкам, проверке синхронизации заметок, проверке создания и использования ссылок на другие заметки. После тестирования выявленные ошибки в работе программного средства были успешно исправлены.

Заключение. Разрабатываемое программное средство ведения персональной базы знаний отображает пользовательские категории, заметки и связи между ними, включает модули авторизации пользователя, управления категориями и заметками, форматирования заметок, визуализации данных и навигации. Выполняет функции создания, управления и ведения пользовательских категорий и заметок. Позволяет форматировать заметки и создавать ссылки между заметками. Программное средство также позволяет отобразить связанные заметки в виде графа, который также выполняет функцию навигации по заметкам. Кроме того, программное средство облегчает задачу классификации текстовых заметок, выполняя ее автоматически по пользовательским категориям. Главное преимущество программного средства перед аналогами заключается в визуализации пользовательских заметок и их автоматической категоризации.

В рамках разработки приложения были смоделированы контекстная диаграмма и ее декомпозиции первого и второго уровней, диаграмма вариантов использования, диаграмма классов, а также алгоритмы работы клиентской и серверной частей системы.

Расчет экономических показателей подтвердил, что разработанный проект успешен и окупается быстрее ожидаемого. Основными рисками, связанными с разработкой и продажей программного средства широкой аудитории являются: высокий уровень конкуренции и недостаточный спрос на продукцию такого вида.

Список использованных источников:

- 1 Боярская, Е. Л. Категоризация как базовая когнитивная процедура / Е. Л. Боярская – Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта: 2011 – 7 с.
2. Doto B. A System for Writing: How an Unconventional Approach to Note-Making Can Help You Capture Ideas, Think Wildly, and Write Constantly – A Zettelkasten Primer / B. Doto – NY: New Old Traditions, 2024. – 211 с.
3. Zoho Notebook [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.zoho.com/notebook/notebook-for-windows.html>.
4. Obsidian [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://obsidian.md/>.
5. Техническая документация по NW.js [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nwjs.readthedocs.io/en/latest/>
6. Аспин, А. MySQL. Практические рецепты / А. Аспин. – СПб: БХВ-Петербург, 2024. – 592 с.

UDK 004.4+681.518

SOFTWARE TOOL FOR WORKING WITH A PERSONAL KNOWLEDGE BASE WITH AUTOMATIC CLASSIFICATION OF TEXT INFORMATION

Verevkin A.A., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Kuntsevich O.Yu. – Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor

Annotation. The article deals with the development of a software tool for maintaining and managing a personal knowledge base, presents the concept of the user interface of the application, justifies the choice of development tools, lists the advantages and disadvantages of using the development in the form of a desktop application. The JavaScript language is chosen as a programming language. The distinctive features of the PS from analogues are data visualization and automatic data classification.

Keywords. Software, application development, data visualization.

УДК 004.42+614.23

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ МЕДИЦИНСКОЙ КАРТОЙ ПАЦИЕНТА

Вовна А.Д., студент гр. 181075, Карнаух Д.М., ассистент каф. ИСиТ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Карнаух Д.М. – ассистент кафедры ИСиТ

Аннотация. Рассмотрены вопросы разработки программного средства для реализации управления электронной медицинской картой пациента, представлен концепт пользовательского интерфейса приложения, обоснован выбор средств разработки, перечислены достоинства и недостатки применения разработки в виде Web-приложения. В качестве языков программирования были выбраны C# и JavaScript с использованием фреймворка ASP.NET Core и библиотеки React. Отличительной чертой программного средства от аналогов являются: простота использования, возможность в рамках одного программного средства как управления медицинской картой для врача, так и осуществления онлайн-записи для пациента.

Ключевые слова. Программное обеспечение, разработка приложений, медицина, здравоохранение.

Введение.

В современном здравоохранении наблюдается тенденция к цифровизации, что позволяет повысить качество медицинских услуг и упростить доступ к информации. Одним из ключевых элементов этой трансформации является электронная медицинская карта пациента, которая обеспечивает хранение и обработку медицинских данных в удобном формате.

Цель разработки – создать программное средство для управления электронной медицинской картой, которое позволит медицинским учреждениям эффективно вести учет, обеспечивать безопасность данных и улучшать взаимодействие между пациентами и врачами. Задачи разрабатываемого приложения:

- авторизация пользователей (администраторы, врачи, пациенты);
- формирование расписания врачей;
- учет графика отпусков и больничных врачей при формировании расписания;
- просмотр медицинской карты пациентом;
- создание записи о посещении врачом;
- формирование больничного листа;
- формирование выписки из карты;
- онлайн-запись на прием;
- аналитика по количеству посещений и рабочим часам врачей.

На этапе анализа предметной области был произведен анализ существующих аналогов, основными ограничениями которых являются:

- доступность приложения только для врачей, не предусмотрен функционал для пациентов;
- перегруженность интерфейса и чрезмерно большое количество функций.

Практическая значимость результатов разработки заключается в возможности применения веб-приложения в области здравоохранения.

Основная часть.

Определим назначение и возможности ПС:

- главной задачей приложения является упрощение коммуникации между врачом и пациентом;
- приложение будет обеспечивать возможность создания записей о посещении, включая медицинские назначения, дозировки препаратов, формирование больничного листа;
- формирование расписания медицинского персонала с учетом графика отпусков, больничных или других причин изменения регулярного расписания;
- возможность просмотра медицинской карты пациентом, а также возможность онлайн-записи на прием, включая редактирование или удаление предстоящих записей;
- сохранение полной информации, касающейся истории посещений пациентов, с возможностью просмотра как врачом, так и пациентом.

Для разработки веб-приложения были выбраны языки программирования C# и JavaScript, система управления базами данных MySQL, библиотека React для языка программирования JavaScript, фреймворк для серверных веб-приложений ASP.NET Core. C# предлагает строгую типизацию и компиляцию, что повышает надежность и безопасность кода [1], а ASP.NET Core часто демонстрирует более высокую скорость обработки запросов, чем аналогичные фреймворки [2] [3], что делает их оптимальным решением для серверной части веб-приложения.

Функциональные возможности представлены на диаграмме прецедентов на рисунке 1.

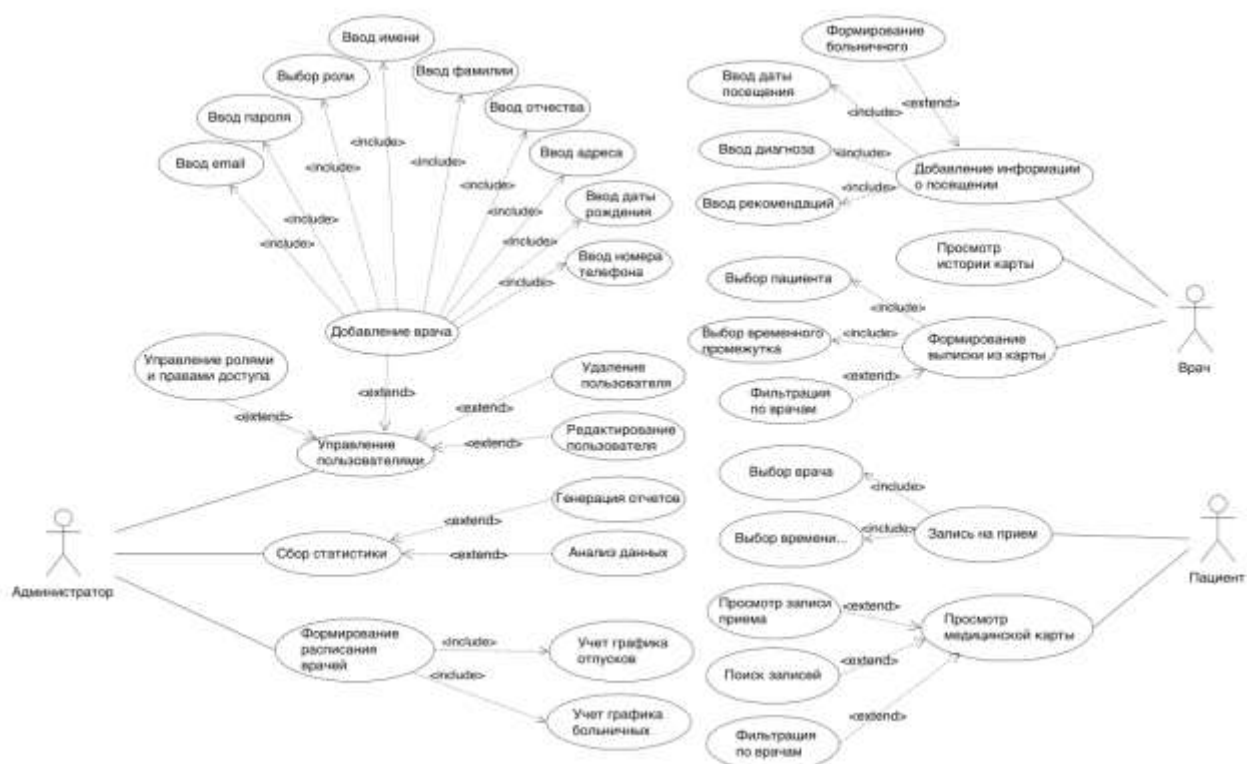


Рисунок 1 – Диаграмма прецедентов

Уникальность и отличия разработки от аналогичных приложений заключается, в частности, в следующих пунктах:

- простота использования, интуитивно-понятный интерфейс;
- возможность одно приложение использовать и для медицинского персонала (ведение электронной медицинской карты, формирование расписания и т.д.) и для пациентов (просмотр медицинской карты, онлайн-запись на прием).

На рисунке 2 представлен начальный концепт (интерфейс) просмотра талонов и истории посещений веб-приложения.

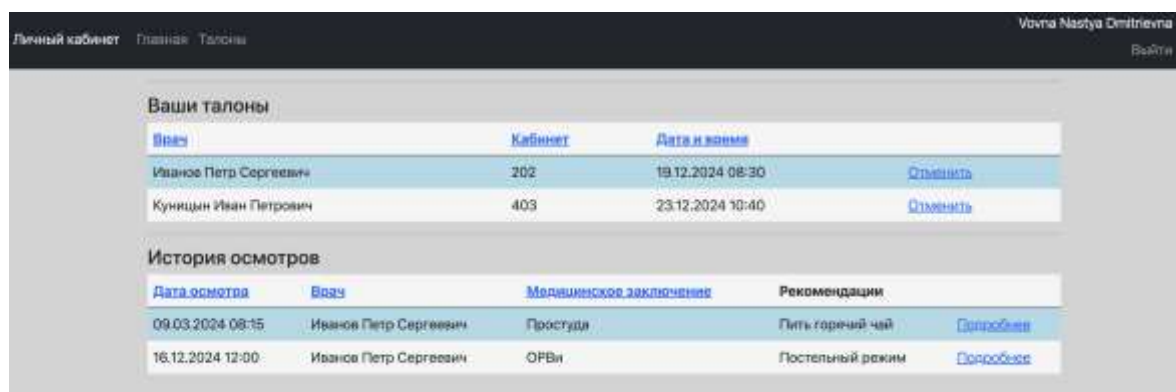


Рисунок 2 – Интерфейс карты пациента

Рассмотрим предложенный концепт более подробно:

- в верхней части экрана отображаются навигационное меню и меню текущего пользователя;
- на основной части страницы представлена история посещений, где есть возможность просмотреть подробную информацию о каждом и предстоящие записи на прием.
- при нажатии кнопки «Отменить» рядом с выбранным талоном она будет удалена;
- при нажатии кнопки «Подробнее» рядом со строкой посещения будет осуществлен переход на страницу с подробной информацией об этом посещении;
- при нажатии в меню на кнопку «Талоны» будет осуществлен переход в соответствующий раздел, где предусмотрена возможность создания нового талона.

На рисунке 3 представлены форма создания записи осмотра и просмотр записи осмотра.

Рисунок 3 – Форма создания записи осмотра и просмотр записи осмотра

Для тестирования разработанного программного средства было использовано функциональное тестирование с созданием тест-кейсов. Это позволило своевременно выявлять и устранять баги, обеспечивая надежность и стабильность работы приложения.

Заключение.

Разработанное веб-приложение для управления электронной медицинской картой пациента позволило медицинским учреждениям эффективно вести учет, обеспечивать безопасность данных и улучшило взаимодействие между пациентами и врачами, благодаря наличию электронной медицинской карты минимизируется риск утери данных.

Веб-приложение выделяется среди своих аналогов доступностью как для медицинского персонала (формирование расписания, ведение и просмотр истории медицинской карты), так и для пациентов – просмотр истории медицинской карты, онлайн-запись на прием, также благодаря минималистичному интерфейсу оно легко в освоении для новых пользователей.

В результате выполнения проекта все поставленные цели и задачи были выполнены.

Список использованных источников:

1. Язык программирования C# [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://metanit.com/sharp/tutorial/>. – Дата доступа: 19.09.2024.
2. NET | Build. Test. Deploy. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dotnet.microsoft.com/en-us/>. – Дата доступа: 23.09.2024.
3. Round 22 results – TechEmpower Framework Benchmarks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.techempower.com/benchmarks/>. – Дата доступа: 23.09.2024.

UDK 004.42+614.23

WEB APPLICATION FOR THE MANAGEMENT OF A PATIENT'S ELECTRONIC MEDICAL RECORDS

Vouna A.D., student, Karnaukh D.M., assistant

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Karnaukh D.M. – Assistant

Annotation. The article discusses the development of a software tool for maintaining an electronic medical record of a patient, presents the concept of the application's user interface, justifies the choice of development tools, and lists the advantages and disadvantages of using development in the form of a web application. C# and JavaScript were chosen as programming languages using the ASP.NET Core framework and the React library. A distinctive feature of the software tool from its analogues is: ease of use, the ability, within one software tool, to both maintain a doctor's medical record and carry out online patient registration.

Keywords. Software, application development, medicine, healthcare.

УДК 004.4

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ «ВОДГЛЯД» ДЛЯ СОЗДАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ОЦЕНКАМИ И ОБЗОРАМИ ТОВАРОВ НА ПЛАТФОРМЕ FLUTTER

Водопьян А.О., студент гр.181073

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Власова Г.А. – канд. техн. наук, доцент, доцент каф. ИСиТ

Аннотация. В статье рассматривается разработка мобильного приложения «Водгляд», предназначенного для личного создания и управления отзывами и оценками товаров. Обсуждаются основные проблемы существующих публичных платформ для отзывов на товары и предлагается решение в виде конфиденциального личного хранилища данных. Представлены ключевые технологии разработки, такие как Flutter и Firebase, функциональные возможности приложения, анализ аналогов, а также тестирование приложения.

Ключевые слова. Мобильное приложение, Flutter, Firebase, Dart, личный учет, обзоры товаров, отзывы, оценки.

Введение.

В современном мире, где цифровизация охватывает все аспекты жизни, пользователи активно используют отзывы для принятия решений о покупках. Существующие платформы (например, Wildberries, AliExpress, Goodreads) предоставляют возможность делиться мнениями, однако они ориентированы на публичное использование. Это создает проблему для пользователей, которые предпочитают конфиденциальное управление своими данными. Приложение решает эту проблему, предоставляя пользователям возможность вести личный архив отзывов и оценок товаров.

Название приложения «Водгляд» выбрано в качестве символического отражения основной идеи и функциональности. Оно образовано из белорусских слов «водгук» (отзыв) и «агляд» (обзор), что подчеркивает связь приложения с созданием и управлением личными отзывами и обзорами на товары.

«Водгляд» аккуратно объединяет эти два понятия, создавая уникальное и запоминающееся название, которое резонирует с основной целью приложения – предоставлением пользователю возможности систематизировать свои впечатления о продуктах. Это название отражает главную концепцию приложения: личный взгляд (или «взгляд») пользователя на товары и услуги, а также персональный учет их характеристик.

Основная цель разработки мобильного приложения – создание удобного инструмента для структурирования личных отзывов, чтобы упростить процесс анализа и принятия решений. Приложение реализовано на базе кроссплатформенного фреймворка Flutter и облачной платформы Firebase, что обеспечивает высокую производительность и удобство использования.

Анализ аналогов.

Для выявления преимуществ приложения был проведен анализ существующих решений, учитывая их функциональность, особенности и ограничения. В ходе исследования были рассмотрены наиболее популярные платформы для отзывов и оценок товаров, а также выявлены их основные преимущества и недостатки:

– AliExpress. Платформа позволяет оставлять публичные отзывы с прикреплением фотографий и сортировкой данных. Однако система ориентирована на общий рейтинг товара, что может скрывать индивидуальные недостатки. Личный учет отсутствует, и пользователи не могут систематизировать свои впечатления для личного использования. Одним из плюсов является возможность оставлять визуальные отзывы с фотографиями, что помогает другим покупателям, но также делает процесс отзывов более ориентированным на массовую аудиторию [1].

– Wildberries. Главным преимуществом является привязка отзывов к реальным покупкам, что повышает достоверность информации. Однако платформа не предоставляет возможности конфиденциального хранения данных, а отзывы доступны только в публичном формате. Это ограничивает пользователей, которым необходимо вести личные записи о товарах [2].

– Goodreads. Хотя сервис ориентирован на книги, его подход к организации данных можно сравнить с системой личного учета. Пользователи могут сортировать и фильтровать свои списки прочитанных книг, однако основной упор платформы делается на социальное взаимодействие и обмен мнениями. В отличие от приложения «Водгляд», Goodreads не предусматривает возможности создания полностью личных заметок без публичного доступа [3].

Таким образом, основное отличие «Водгляд» заключается в ориентации на личное использование и приватность данных.

Используемые технологии.

Приложение «Водгляд» разработано с использованием передовых технологий, обеспечивающих высокую производительность и удобство:

1. Flutter – фреймворк для кроссплатформенной разработки мобильных приложений. Он позволяет создавать приложения для операционных систем Android и iOS с единым кодом, что значительно сокращает время и затраты на разработку. Flutter использует язык программирования Dart, который обеспечивает высокую производительность и гибкость при разработке пользовательского интерфейса. Благодаря встроенной поддержке виджетов, Flutter позволяет создавать адаптивные и интуитивно понятные интерфейсы. Преимущества включают:

- Высокую скорость разработки благодаря виджетам «из коробки».
- Нативную производительность, так как приложения компилируются в машинный код.
- Поддержку адаптивного дизайна для различных устройств.

2. Dart – язык программирования, используемый для создания приложений на платформе Flutter. Он обладает высокой производительностью и поддерживает асинхронное программирование, что критически важно для мобильных приложений, работающих с сетевыми запросами и базами данных.

3. Firebase – облачная платформа от Google, использующаяся для хранения данных, аутентификации пользователей и синхронизации данных в реальном времени. В рамках приложения «Водгляд» используется Firestore, облачная NoSQL база данных, которая позволяет хранить данные о пользователях, отзывах и оценках, а также обеспечивает их синхронизацию между устройствами. Firebase также предоставляет встроенные механизмы для обеспечения безопасности данных и аутентификации пользователей, используя Firebase Authentication. Основные возможности включают:

- Гибкость структуры данных.
- Поддержку правил безопасности для обеспечения конфиденциальности.
- Масштабируемость, что делает платформу пригодной для разных масштабов приложений [4].

4. Cloud Firestore – высокопроизводительная облачная база данных, идеально подходящая для приложений, которые требуют постоянной синхронизации данных между устройствами пользователей. Firestore хранит данные в виде коллекций и документов, что обеспечивает гибкость в хранении и масштабируемости данных.

5. Firebase Authentication. Эта технология обеспечивает аутентификацию пользователей с использованием безопасных методов, включая вход через Google-аккаунт.

6. Интеграция с медиа и экспортом данных. Дополнительные библиотеки, такие как image_picker для работы с изображениями и PDF (Portable Document Format) для создания документов, позволяют добавлять мультимедийные файлы и экспортировать данные.

Реализация решения.

Приложение «Водгляд» разработано с учетом современных технологий и ориентировано на удобство пользователей. Основная цель – предоставить инструмент для личного управления отзывами и оценками товаров, обеспечивая конфиденциальность данных и возможность их структурирования.

Ключевые функции приложения:

1. Создание отзывов. Пользователь может добавлять свои впечатления о товарах, указывать оценки, прикреплять фотографии, а также фиксировать информацию о магазине и цене покупки.

2. Редактирование и удаление данных. Все созданные отзывы можно изменять или удалять в любое время, что позволяет актуализировать информацию.

3. Категоризация и поиск. Отзывы структурируются по категориям (например, электроника, бытовая техника, одежда), а реализованный механизм поиска позволяет быстро находить нужные записи.

4. Синхронизация данных. Использование Firebase Firestore обеспечивает надежное хранение данных в облаке, что позволяет получать доступ к отзывам с разных устройств.

5. Экспорт отчетов. Реализована возможность сохранения отзывов в форматах PDF и Excel для дальнейшего анализа.

Приложение предоставляет возможность структурировать информацию, управлять обзорами и анализировать данные для улучшения качества принимаемых решений. Поддерживает интуитивно понятный интерфейс, который упрощает навигацию и использование, а для повышения удобства были реализованы механизмы фильтрации и поиска информации [5].

Разработанный пользовательский интерфейс предоставлен на рисунке 1.

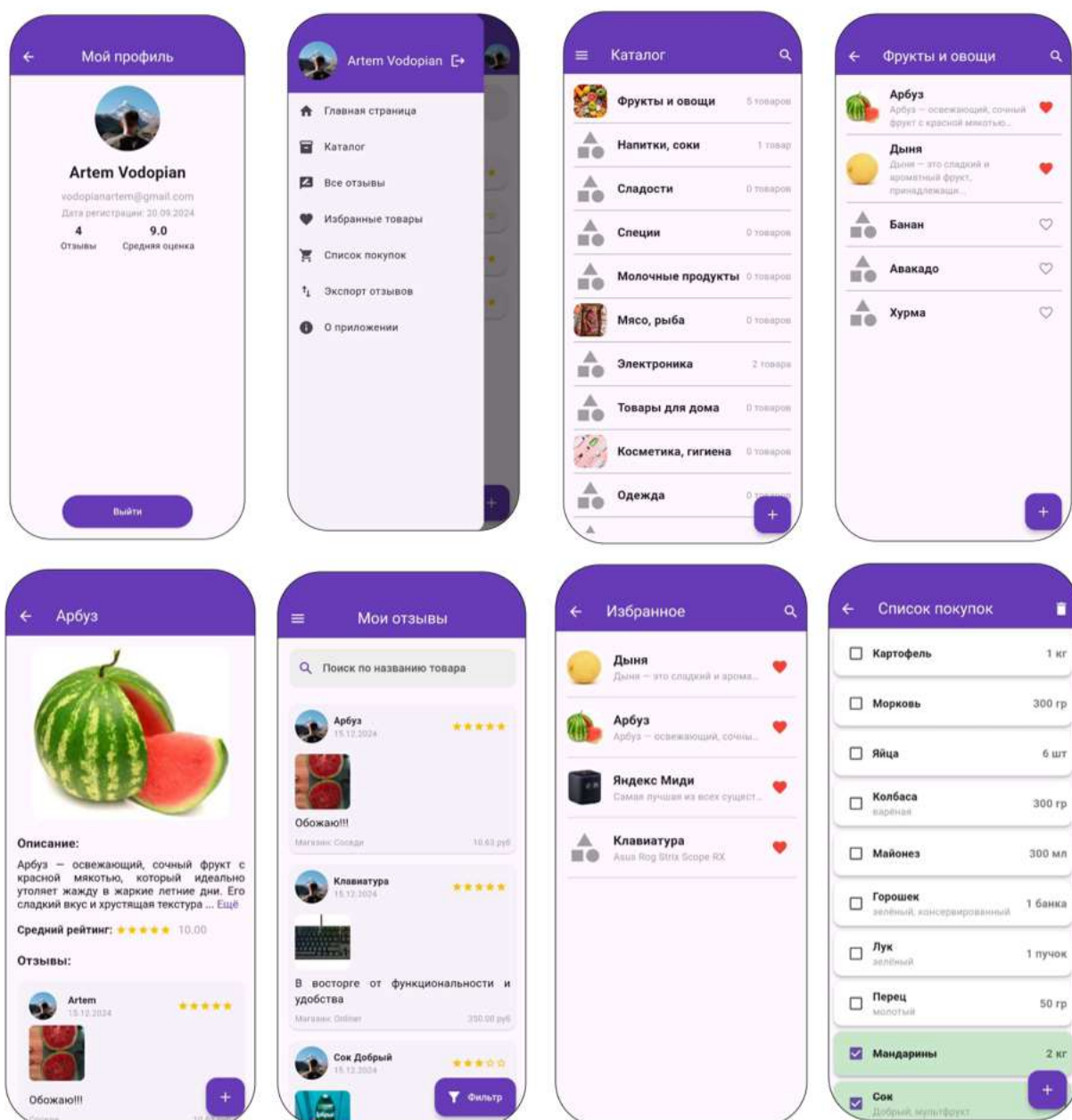


Рисунок 1 – Интерфейс мобильного приложения «Водгляд»

Тестирование и проверка.

Для того чтобы гарантировать стабильную работу приложения и соответствие заявленным требованиям, был проведен комплексный процесс тестирования. Проверялись основные функциональные модули, стабильность работы интерфейса, быстродействие системы, а также её поведение при высоких нагрузках. Отдельное внимание уделялось совместимости с различными устройствами и версиями операционной системы, а также устойчивости к сбоям. В ходе тестирования были выявлены и исправлены ошибки, что позволило улучшить общую производительность и удобство использования приложения.

Для обеспечения надежности приложения проведено тщательное тестирование:

1. Модульное тестирование. Проверка отдельных функций, таких как создание и редактирование отзывов.
2. Интеграционное тестирование. Проверка взаимодействия между модулями, включая работу с базой данных и интерфейсом.
3. Тестирование интерфейса пользователя (UI). Обеспечение удобства использования и адаптивности интерфейса для различных устройств.
4. Тестирование производительности. Проверка быстродействия приложения при работе с большими объемами данных [6].

Тестирование проводилось на нескольких устройствах с различными техническими характеристиками. Особое внимание уделялось корректности работы основных функций, стабильности интерфейса и производительности системы при высоких нагрузках. В рамках

тестирования были имитированы сценарии с большим количеством отзывов и изображений, что позволило выявить узкие места и оптимизировать их. Результаты показали, что приложение стабильно работает в предусмотренных сценариях, интерфейс остается отзывчивым, а данные надежно сохраняются и синхронизируются между устройствами. Дополнительно внедрены механизмы обработки ошибок для повышения стабильности и информативности в случае сбоя.

Заключение. Приложение «Водгляд» предоставляет пользователям удобный инструмент для конфиденциального управления отзывами и оценками товаров. Основные преимущества включают приватность данных, удобство интерфейса и широкие возможности для структурирования информации. Разработанное решение закрывает существующий пробел между публичными платформами и личными потребностями пользователей. Оно ориентировано на широкий круг пользователей, стремящихся упорядочить свои данные и улучшить качество покупательских решений.

Разработка приложения осуществлялась с учетом современных требований к мобильным продуктам, включая оптимизированную архитектуру, адаптивный пользовательский интерфейс и надежное хранение данных в облаке. Использование Flutter и Firebase обеспечило кроссплатформенность, что позволяет быстро адаптировать приложение для различных устройств.

Кроме того, приложение способствует повышению уровня цифровой грамотности, предоставляя современные инструменты для работы с личными данными. Благодаря системе обратной связи от пользователей приложение можно постоянно поддерживать, улучшать и добавлять новый функционал, учитывая реальные потребности аудитории.

В будущем планируется дальнейшая оптимизация производительности, улучшение алгоритмов поиска и категоризации отзывов. Также рассматривается возможность выпуска версии для iOS, что расширит доступность приложения для более широкой аудитории. Развитие системы персонализированных рекомендаций и расширенные возможности экспорта данных позволят пользователям еще эффективнее анализировать свои отзывы и предпочтения.

Список использованных источников:

1. Официальный сайт AliExpress [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.aliexpress.com/>.
2. Официальный сайт Wildberries [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.wildberries.ru>.
3. Официальный сайт Goodreads [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.goodreads.com/>.
4. Кумар А. *Flutter: Практическое руководство* / А. Кумар. – М.: Альпина Паблишер, 2018. – 394 с.
5. Анисимов, П. В. *Разработка интерфейсов для мобильных приложений: теория и практика* / П. В. Анисимов. – М.: Наука, 2021. – 290 с.
6. Куликов, С. С. *Тестирование программного обеспечения. Базовый курс* / С. С. Куликов. – Минск: Четыре четверти, 2020. – 362 с.

UDC 004.4

MOBILE APPLICATION «VODGLYAD» FOR CREATING AND MANAGING RATINGS AND REVIEWS OF PRODUCTS ON THE FLUTTER PLATFORM

Vodopyan A.O., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Vlasova G.A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The article discusses the development of the mobile application «Vodglyad», designed for personal creation and management of product reviews and ratings. The main issues of existing public review platforms are analyzed, and a solution is proposed in the form of a confidential personal data storage system. Key development technologies such as Flutter and Firebase, the application's functionality, an analysis of similar solutions, and the testing process are presented.

Keywords. Mobile application, Flutter, Firebase, Dart, personal tracking, product reviews, ratings, evaluations.

УДК 004.02

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ СТЕГАНОГРАФИИ В АУДИОФАЙЛАХ

Войкель В.И., студент гр. 281078

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Скудняков Ю.А. – канд. техн. наук, доцент, доцент каф. ИСиТ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы разработки программного средства для скрытного внедрения в аудиофайлы дополнительной информации, представлен пользовательский интерфейс приложения, обоснован выбор средств разработки, перечислены недостатки аналогичных разработок, представлены основные функциональные возможности программного средства. В качестве языка программирования выбран язык C#.

Ключевые слова. Программное обеспечение, разработка приложений, стеганография, криптография, C#.

Введение.

Появление современных методов обработки данных привело к активному развитию технологий скрытой передачи информации. Стеганография, как один из таких методов, позволяет скрывать данные в различных цифровых медиаформатах, таких как изображения, аудиофайлы, видео. В настоящее время стеганография находит применение в системах защиты данных, а также в областях, где необходимо скрытое или защищенное хранение и передача информации. Одним из востребованных направлений является использование аудиофайлов для сокрытия данных, что обусловлено широким применением аудиоконтента и возможностью скрытия информации в аудиосигнале без заметного ухудшения его качества [1].

Стеганография – это наука, посвященная скрытому внесению информации в различные носители так, чтобы она оставалась незамеченной для третьих лиц. В отличие от криптографии, которая направлена на защиту данных путем их зашифровки, стеганография нацелена на скрытие самого факта существования передаваемой информации, что делает этот метод особенно ценным в ситуациях, когда требуется передавать секретные данные, не привлекая к ним лишнего внимания. Интересно отметить, что стеганография как метод скрытия информации имеет древние корни. Первые упоминания о скрытой передаче сообщений можно найти в трудах Геродота, описавшего использование восковых табличек для сокрытия секретных посланий. В Древнем Китае аналогичным образом использовались шелковые ленты с текстом, которые вшивали в одежду. Эти исторические примеры подчеркивают древность и постоянную актуальность необходимости скрытия информации, существовавшую задолго до разработки современных технологий.

В условиях современного информационного общества, где конфиденциальность данных приобретает все большее значение, стеганография находит свое применение во множестве областей, включая правоохранительные органы, журналистику и защиту авторских прав. Растущая угроза нарушения конфиденциальности данных подчеркивает важность изучения методов скрытой передачи информации. На сегодняшний день с развитием цифровых технологий и увеличением вычислительных мощностей стеганография в аудиофайлах становится особенно актуальной. Аудиофайлы представляют собой удобный носитель для скрытой передачи информации, так как они могут быть редактируемыми без значительных изменений в качестве звука, которое может быть воспринято человеком.

Среди форматов цифровых аудиофайлов WAV занимает особое место благодаря своей простоте, высокой точности и возможности хранения данных без сжатия, что делает его идеальным кандидатом для внедрения скрытых данных. Разработка программного средства, использующего методы стеганографии для внедрения и извлечения скрытых данных в аудиофайлах, представляет собой актуальную задачу. При этом программное средство должно обладать высокой степенью маскировки информации, быть легким в использовании и надежным в процессе извлечения данных.

Разработка программного средства, использующего стеганографию для внедрения и извлечения скрытых данных в аудиофайлах, является актуальной задачей. При этом важно, чтобы такое средство обладало высокой степенью маскировки информации, легкостью использования и надежностью извлечения данных.

Существуют различные программные продукты для стеганографии, однако многие из них имеют недостатки. Основные проблемы заключаются в сложности настройки, отсутствии интуитивного графического интерфейса пользователя [2].

Целью данного проекта является создание программного обеспечения для стеганографии в аудиофайлах, которое будет устранять недостатки существующих решений. Данное приложение позволит пользователям без труда внедрять и извлекать скрытые данные из аудиофайлов, используя понятный и удобный графический интерфейс.

Для реализации проекта необходимо будет решить ряд задач, в том числе провести анализ предметной области, исследовать существующие аналогичные программные продукты и определить функциональные требования. Также потребуется спроектировать интерфейс пользователя, разработать алгоритмы работы программного обеспечения и приступить к его программной реализации, а затем провести тестирование и отладку созданного приложения.

В качестве языка разработки был выбран C#, так как он является современным языком с поддержкой объектно-ориентированного программирования и наличием большого числа возможностей, включающих обработку исключений, сборщик мусора, асинхронность, кроссплатформенность [3].

Для построения пользовательского интерфейса будет использован фреймворк WinForms, который позволяет легко и быстро проектировать простые интерфейсы [4].

Практическая значимость результатов разработки заключается в возможности применения ПС в области стеганографии.

Основная часть.

Определим назначение и возможности ПС:

- осуществление функции загрузки файла в формате wav, в который будет производиться инъекция информации;
- возможность выбора текстового файла, информация из которого будет внедрена в целевой файл;
- проведение предварительного шифрования информации перед ее внедрением, а также осуществление записи информации не последовательно, а в случайном порядке.

При запуске программы пользователь может как внедрить данные в файл, так и извлечь их из файла, в котором они находятся.

Для внедрения данных пользователю необходимо выбрать файл WAV формата, в который необходимо внедрить данные. Затем необходимо выбрать текстовый файл, данные из которого будут интегрированы в целевой файл. После этого необходимо задать ключ, которым будут зашифрованы данные, а также указать паттерн, в соответствии с которым будет определен порядок изменения битов в целевом файле.

Интерфейс главного окна представлен на рисунке 1.

Рисунок 1 – Интерфейс главного окна

Рассмотрим предложенный концепт более подробно:

- в левой части окна можно указать целевой файл, файл с данными, ключ и паттерн, провести интеграцию в целевой файл;
- в правой части окна необходимо указать файл, из которого будут извлекаться данные, ключ и паттерн.

При выборе файла с данными рассчитывается их размер в байтах, если они не поместятся в целевой файл, то пользователь получит сообщение об этом.

При извлечении данных необходимо знать ключ, паттерн, длину сообщения, которое было интегрировано в файл.

В процессе шифрования данных применяются симметричный алгоритм шифрования AES – симметричный алгоритм шифрования, который является надежным и хорошо изученным на криптостойкость, что делает его отличным кандидатом для использования.

На множестве современных процессоров реализованы команды для поддержки алгоритма AES на аппаратном уровне, что ускоряет процесс шифрования, следовательно, можно относительно быстро шифровать большие объемы данных в сравнении с другим подобными алгоритмами.

Методы стеганографии.

В данном программном средстве применяется метод стеганографии LSB. Этот метод заключается в выделении наименее значимых бит контейнера и последующей их замене на биты сообщения.

Поскольку для замены выбираются только наименее значимые биты, разница между исходным и измененным контейнерами оказывается незначительной и, как правило, незаметна для человеческого слуха.

Однако данный метод подходит исключительно для звуковых файлов в форматах без сжатия или со сжатием без потерь, так как наименее значимые биты значений сэмплов могут быть утеряны при сжатии с потерями.

Также рассмотрим другие методы стеганографии помимо LSB.

Методы частотного преобразования.

В этих методах скрытые данные встраиваются в частотные компоненты сигнала с использованием дискретного косинусного преобразования, вейвлет-преобразования или преобразования Фурье. Это делает их более устойчивыми к изменениям, таким как сжатие или фильтрация. К преимуществам можно отнести высокую стойкость к обработке файлов, возможность сокрытия больших объемов данных. К недостаткам можно отнести сложность реализации, снижение качества контейнера при некорректном внедрении.

Метод фазового кодирования. В данном методе изменяется фаза аудиосигнала таким образом, чтобы передать скрытую информацию. Восстановление данных возможно только при наличии оригинального сигнала. К преимуществам можно отнести высокий уровень скрытности, отсутствие заметных изменений в амплитуде аудиосигнала. К недостаткам можно отнести сложность реализации, зависимость от фазы оригинального сигнала.

Кратко опишем возможности метода эхо-модуляции. Данный метод использует искусственно добавленные слабые эхосигналы, которые содержат закодированную информацию. Эти эхосигналы не воспринимаются слухом, но могут быть извлечены специальными алгоритмами. К преимуществам можно отнести высокую стойкость к сжатию и шумовым атакам. К недостаткам можно отнести возможность появления заметных акустических эффектов, ограниченный объем внедряемых данных.

Метод LSB наиболее применим для WAV-файлов, так как в них сохраняются все биты звуковых данных без потерь. Однако при обработке таких файлов следует избегать постобработки, например сжатия.

Методы частотного преобразования, такие как DCT и DWT, также могут применяться в WAV-файлах, поскольку аудиоданные можно анализировать и изменять в частотной области, но это требует сложных алгоритмов.

Фазовое кодирование возможно для WAV, так как данный формат позволяет сохранять точную фазу аудиосигнала, но метод требует высоких вычислительных ресурсов.

Метод эхо-модуляции подходит для WAV-файлов, так как изменения фазы и добавление слабых эхосигналов остаются незаметными для слуха.

С целью увеличения сложности выявления факта внедрения дополнительной информации в файл используется не последовательная запись данных, а запись в случайном порядке, порядок которой задается на основе паттерна в виде числа, вводимого пользователем. На основе него формируется случайная последовательность, которая распределит данные по всему свободному месту в контейнере случайным образом.

Формат WAV – это формат без сжатия, что приводит к тому, что данные, хранимые в таком формате, занимают ощутимо больше места, что предоставляет возможность встраивания большого количества данных даже в относительно короткие по длительности аудиофайлы, хранимые в данном формате.

В таблице 1 представлено более подробное описание формата WAV.

Пример осуществления кодирования последовательности данных представлен на рисунке 2.

На рисунке 2 был введен ключ, паттерн для кодирования информации в файл, далее проведено его декодирование. В случае декодирования необходимо также указать длину сообщения, которое было внедрено в файл.

В случае, если при попытке декодирования будет совершена ошибка при вводе хотя бы одного из параметров, декодировать данные не выйдет.

Это объясняется следующим:

- ввод неверного ключа приведет к неверному дешифрованию последовательности;
- ввод неверного паттерна приведет к выбору зашифрованного сообщения в неверном порядке, что также приведет к невозможности извлечения данных;
- ввод длины сообщения в байтах необходим, по причине того, что конец внедряемой последовательности никак не обозначается при внедрении данных, неверное значение также приведет к ошибке извлечения данных.

Таблица 1 – Описание WAV-формата

Поле	Размер в байтах	Смещение	Описание
Chunk ID	4	0	Этот фрагмент содержит буквы «RIFF» в кодировке ASCII.
ChunkSize	4	4	Это размер оставшейся части фрагмента, следующего за этим номером – размер всего файла в байтах минус 8 байт (ChunkID, ChunkSize).
Format	4	8	Этот фрагмент содержит символы «WAVE».
Sub-Chunk1 ID	4	12	Этот фрагмент содержит символы «fmt».
Sub-Chunk1 Size	4	16	16 для PCM
AudioFormat	2	20	Используется для указания типа кодировки–1 для PCM, 2 для ADPCM, 3 для IEEEfloatingpoint, 7 для u-law, и 67734 для WaveFormatExtensible.
NumChannels	2	22	1 для моно, 2 для стерео.
SampleRate	4	24	8000, 16000, 44100 и т. д. Гц. Типичное значение – 44100, что соответствует аудио CD. Значение для телефонной и беспроводной микрофонной передачи, адекватное для человеческой речи – 8000. Значение 16000 используется в большинстве современных коммуникационных устройствах, которые работают на основе VoIP и VVoIP.
ByteRate	4	28	Это значение равняется Sample Rate * Num of Channel * Bytes per Sample.
BlockAlign	2	32	Это значение равняется Num of Channel * Bytes per Sample.
BitsPerSample	2	34	Количество бит на семпл. 8 для 8 бит (1 байт), 16 для 16 бит (2 байта) ит. д.
Sub-Chunk2 ID	4	36	Этот фрагмент содержит символы «data».
Sub-Chunk2 Size	4	40	Это значение равняется Num of Samples * Num of Channels * Bytes Per Sample
Data	*	44	Сами звуковые данные.

The screenshot shows a software window with the following fields and buttons:

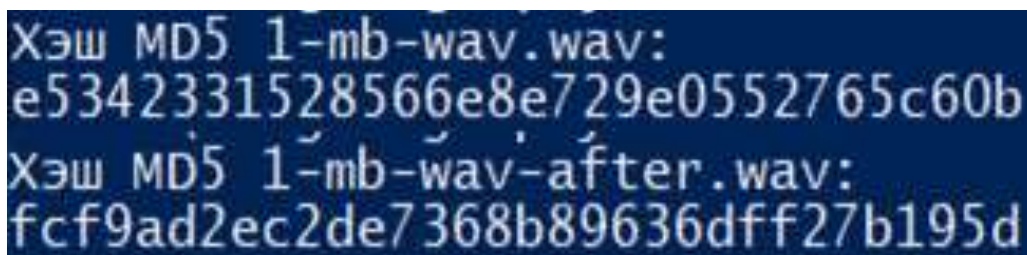
- Путь к файлу** (File path): Two fields, both containing `D:\Steganography\1-MB-WAV.wav` and `D:\Steganography\1-MB-WAV-after.wav`.
- Путь к данным** (Data path): Field containing `D:\Steganography\data.txt`.
- Ключ** (Key): Field containing `67833`.
- Паттерн** (Pattern): Field containing `239`.
- Длина сообщения в байтах** (Message length in bytes): Field containing `29`.
- Buttons**: `Закодировать` (Encode) and `Декодировать` (Decode).

Below the fields, the text `Длина сообщения в байтах 29` is displayed.

Рисунок 2 – Кодирование последовательности данных

После внедрения данных размер файла не изменится, причиной этого является изменение уже имеющихся данных, а не добавление новых или удаление уже имеющихся.

С целью проверки совпадения файлов после проведения внедрения данных можно рассчитать значение контрольной суммы для исходного и итогового файлов, рассчитанные значения не должны совпасть, результат представлен на рисунке 3.



```
Хэш MD5 1-mb-wav.wav:
e5342331528566e8e729e0552765c60b
Хэш MD5 1-mb-wav-after.wav:
fcf9ad2ec2de7368b89636dff27b195d
```

Рисунок 3 – Значение хеш-функции для файлов

Стеганография в аудиофайлах имеет широкие возможности применения, она может быть использована:

- в качестве средства для скрытой передачи информации, в случае ее фильтрации или недопущения передачи в явном виде;
- внедрение дополнительных данных в какие-либо файлы, с целью длительного хранения, например, в музыкальные произведения, которые будут записаны на диск;
- с целью защиты авторских прав путем внедрения скрытых водяных знаков или меток;
- в качестве подтверждения авторства и подлинности аудиоматериала.

Заключение.

Разработанное приложение позволяет быстро и удобно закодировать информацию в файл, а также извлечь ее из уже имеющегося файла.

В качестве возможных улучшений разработанного программного средства можно реализовать работу с другими алгоритмами шифрования, а также с другими алгоритмами стеганографии в аудиофайлах.

Список использованных источников:

1. *Стеганография в XXI веке. Цели. Практическое применение. Актуальность* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/253045>. — Дата обращения: 1 апреля 2025 г.
2. *21 Best Steganography Tools To Keep Your Data Safe* [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://technicalustad.com/steganography-tools>. — Дата обращения: 1 апреля 2025 г.
3. Прайс, М. С# 10 и .NET 6. Современная кроссплатформенная разработка : учеб. пособие / М. Прайс. — Санкт-Петербург : Питер, 2023. — 848 с.
4. Либерти, Д. Программирование на C# : учеб. пособие / Д. Либерти. — Санкт-Петербург : Символ-Плюс, 2003. — 688 с.

UDC 004.02

SOFTWARE TOOL FOR STEGANOGRAPHY IN AUDIO FILES

Voykel V.I., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Skudnyakov Yu.A. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Annotation. The article discusses the development of a software tool for covertly introducing additional information into audio files, presents the user interface of the application, substantiates the choice of development tools, lists the disadvantages of similar developments, and presents the main functional capabilities of the software tool. The C# was chosen as the programming language.

Keywords. Software, Application Development, Steganography, Cryptography, C#.

УДК 004.42+681.84

ПРОГРАММНОЕ СРЕДСТВО ДЛЯ ОБМЕНА ГОЛОСОВЫМИ СООБЩЕНИЯМИ МЕЖДУ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯМИ НА ОСНОВЕ HTTP-ИНТЕРФЕЙСА TELEGRAM BOT API

Германович Д.О., студент гр.181073

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Кунцевич О.Ю. – канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. Рассмотрены вопросы разработки программного средства для социальной сети, позволяющего пользователям взаимодействовать через текстовые и аудиоформаты, управлять подписками и профилями, а также удалять свою учетную запись с сохранением конфиденциальности данных. Представлен концепт пользовательского интерфейса приложения, обоснован выбор средств разработки, таких как Quarkus и Kotlin, для обеспечения производительности и масштабируемости. Перечислены достоинства и недостатки применения разработки в виде Web-приложения. В качестве языка программирования выбран язык Kotlin. Отличительной чертой ПС от аналогов являются: поддержка аудиоформата в биографиях, удобный интерфейс взаимодействия через Telegram и гибкая система управления подписками.

Ключевые слова. Программное обеспечение, разработка приложений, аудиомессенджер, голосовые сообщения.

Введение.

Аудиомессенджеры занимают важное место в современном цифровом пространстве, предлагая уникальный формат взаимодействия. Они позволяют передавать эмоции и интонации, что делает общение более живым и личным. Тем не менее, текущие разработки часто фокусируются на ограниченном наборе функций, что сужает возможности пользователей [1].

Существующие решения зачастую недостаточно адаптированы для гибкого управления профилем, эффективного использования аудиоконтента или обеспечения высокой вовлеченности пользователей. Это указывает на необходимость создания программного средства, которое сочетает удобство голосового общения с расширенными функциями управления контентом и взаимодействия между пользователями.

В современном мире мессенджеры стали неотъемлемой частью повседневного общения. Одним из самых популярных мессенджеров для создания чат-ботов является Telegram. Через Telegram пользователи могут обмениваться сообщениями, создавать группы, отправлять файлы и получать информацию из множества источников. Для разработчиков Telegram предлагает мощный API (интерфейс программирования приложений), который позволяет интегрировать мессенджер с различными сервисами.

Чат-бот представляет собой программу, которая имитирует общение с реальным человеком. Он может работать через текстовые или голосовые сообщения в мессенджерах, на вебсайтах, в мобильных приложениях или даже по телефону. Чат-боты играют важную роль в продвижении товаров и услуг, обеспечивая быструю и эффективную коммуникацию с клиентами. Они помогают ответить на вопросы пользователей, предоставляют рекомендации по выбору продуктов и предлагают персонализированные предложения. Одним из главных преимуществ чат-ботов является автоматизация, которая позволяет значительно сократить расходы и повысить эффективность бизнеса. Благодаря своей популярности и огромной аудитории Telegram предоставляет отличную платформу для создания ботов, которые могут достичь множества пользователей. Разработать бота можно на любом языке программирования, от PHP и Node.js до Java и Go [2].

Аудиомессенджер – это программное средство, позволяющее пользователям обмениваться голосовыми сообщениями, управлять профилями и подписками, а также получать уведомления. Разработка аудиомессенджера базируется на современном подходе, сочетающем удобство использования и техническую производительность [3].

Разработанное программное решение предоставляет следующие возможности:

- запись и отправка аудиосообщений;
- получение уведомлений о новых сообщениях;
- управление профилем и биографией, включая аудио- и текстовые описания;
- подписка на других пользователей и получение обновлений.

Аналоги имеют несколько ключевых недостатков, которые ограничивают возможности пользователей и снижают удобство использования существующих аудиомессенджеров.

Ключевые недостатки:

- ограниченные возможности для асинхронного прослушивания и публикации аудиоконтента;

- отсутствие полноценной социальной сети, которая могла бы позволить пользователям легко взаимодействовать, комментировать записи, подписываться на интересующих их людей и поддерживать более широкие социальные связи;
- ориентация приложений на узкие форматы использования или на определенные социальные круги.

Разработанное программное средство (ПС) стремится устранить эти ограничения. Оно будет поддерживать публикацию записей для асинхронного прослушивания, предлагать развитые социальные функции для взаимодействия с пользователями.

Основная часть.

Определим назначение и возможности ПС:

1. Главной задачей разработанного приложения является облегчение обмена голосовыми сообщениями между пользователями через мессенджер Telegram. Приложение будет предоставлять пользователю удобный интерфейс для отправки и получения голосовых сообщений, делая процесс общения более быстрым и эффективным.

2. Приложение автоматизирует работу с голосовыми сообщениями, позволяя пользователям записывать, отправлять и прослушивать аудиосообщения с минимальными усилиями. Это обеспечит улучшенную обратную связь и оперативное решение запросов пользователей в реальном времени.

3. Аудиомессенджер интегрирован с Telegram Bot API, что позволит использовать все возможности мессенджера, включая создание групп, обмен файлами и информацию о пользователях, в сочетании с голосовой коммуникацией. Это обеспечит пользователям широкий спектр функций и удобный доступ к различным сервисам.

4. Приложение обеспечит обработку и хранение голосовых сообщений, предоставляя пользователям возможность прослушивать историю сообщений и управлять их хранением. Все данные будут храниться с учетом конфиденциальности информации.

5. ПС поддерживает возможность интеграции с внешними сервисами, что позволит использовать его для различных бизнес- и социальных целей, таких как голосовые уведомления, консультации или напоминания.

Для более глубокого понимания архитектуры разрабатываемого аудиомессенджера, представим его взаимодействие с внешними системами, как показано на рисунке 1.

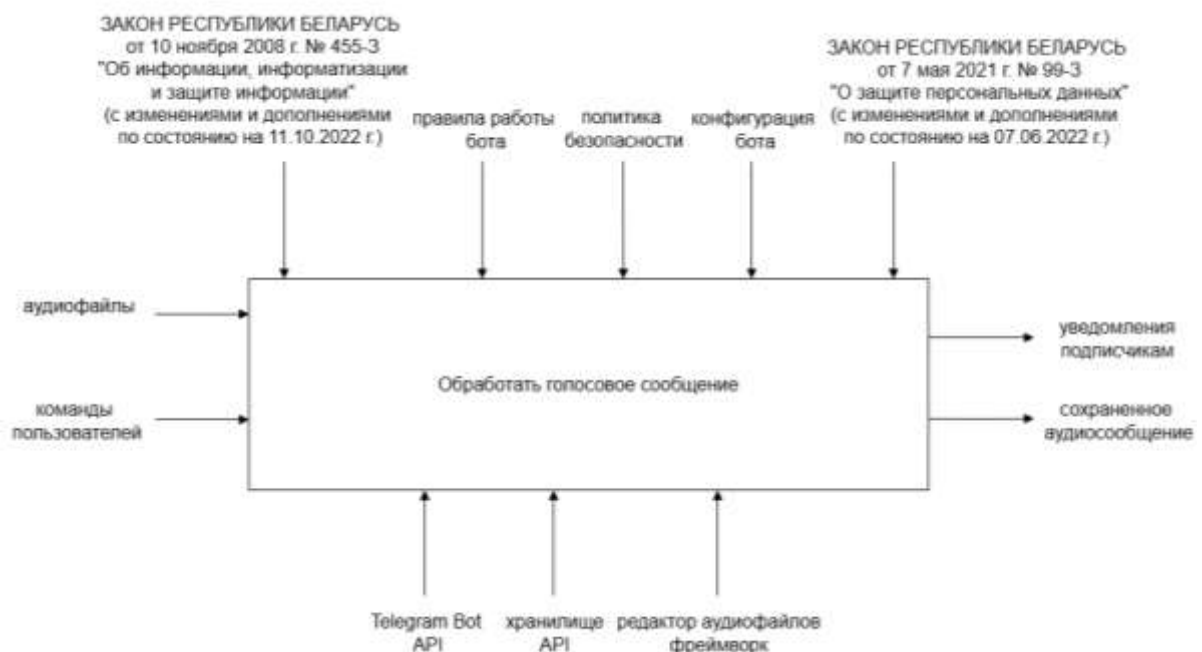


Рисунок 1 – Контекстная диаграмма A-0

Уникальность и отличия разработки от аналогичных приложений заключается, в частности, в следующих пунктах:

- интуитивно понятный интерфейс и минималистичный дизайн;
- возможность мгновенной регистрации с использованием существующего аккаунта Telegram;
- персонализированные настройки и функциональные возможности чат-бота в зависимости от потребностей пользователя;
- подключение различных внешних систем и сервисов, такие как базы данных, API, облачные хранилища;

- использование проверенных, современных технологий и библиотек;
- возможность отправки голосовых сообщений [4].

Для запуска аудиомесседжера необходимо его настроить. Конфигурационные файлы находятся в коренной директории проекта и называется «application.yaml» и «.env». Эти файлы содержат основные параметры, необходимые для работы приложения. Содержимое файла «application.yaml» представлено на рисунке 3.

```
telegram:
  bot:
    auth-token: '123:token' # OVERRIDE
    tgapi-port: 8081
  webhook:
    url: 'http://localhost:${quarkus.http.port}/api/v1/telegram/webhook'
    token: 'super-secret'
    max-connections: 80

storage:|
  local-object-storage: './local-object-storage'
  local-fs: './local-fs'

quarkus:
  rest-client:
    tg-bot-api:
      url: 'http://localhost:${telegram.bot.tgapi-port}/bot${telegram.bot.auth-token}'
    tg-file-api:
      url: 'http://localhost:${telegram.bot.tgapi-port}/bot${telegram.bot.auth-token}'
  s3:
    devservices:
      enabled: false
    aws:
      region: 'us-east-1'
  scheduler:
    enabled: true
  log:
    file:
      enable: true
      path: 'bewired_app.log'
      format: '%d{yyyy-MM-dd HH:mm:ss} %-5p [%c] (%t) %s%n'
      rotation:
        max-backup-index: 99
        max-file-size: '10M'
  resteasy-reactive:
    path: '/api'
  datasource:
    jdbc:
      driver: 'org.postgresql.Driver'
  hibernate-orm:
    dialect: 'org.hibernate.dialect.PostgreSQLDialect'
    log:
      sql: true
      sql-load-script: 'no-file'
    database:
      generation: 'none'
  swagger-ui:
    always-include: true
    theme: 'flattop'
  kotlin-serialization:
    json:
```

Рисунок 3 – Структура файла «application.yaml»

Этот файл используется для настройки параметров, относящихся к работе приложения:

1. Данные для подключения базы данных. Настраиваются параметры доступа к PostgreSQL, такие как URL базы данных, имя пользователя, пароль, а также дополнительные параметры Hibernate.
2. Параметры Telegram Bot API. Указывается токен аутентификации, порт API, URL вебхука, а также дополнительные настройки взаимодействия с Telegram.
3. Настройки хранилища. Указываются локальные пути к файлам и параметры интеграции с S3-совместимыми хранилищами для хранения аудиозаписей и других данных.
4. Логирование. Настраивается уровень логирования, путь к файлу лога, формат сообщений, а также параметры ротации логов.
5. REST-клиенты. Указываются URL API для работы с Telegram и файлового взаимодействия.

На диаграмме вариантов использования представлены актеры и их взаимодействие с ПС:

Гость – этот актер представляет пользователя, который ещё не прошёл процесс регистрации. Он может выполнять минимальный набор действий, таких как регистрация и выбор способа авторизации.

Пользователь – зарегистрированный пользователь, имеющий доступ к основным функциям системы, таким как запись, редактирование и удаление аудиосообщений, редактирование профиля и просмотр статистики [5].

Основные сценарии использования:

1. Регистрация. Пользователь, начинающий работу с системой, проходит процесс регистрации, который может включать выбор способа авторизации. После успешной регистрации гость становится полноценным пользователем системы.

2. Запись аудиосообщения. Основной сценарий использования аудиомессенджера. Пользователь может записать новое аудиосообщение, а также удалить или редактировать его. Есть возможность расширения сценария удаления аудиосообщения через подтверждение удаления.

3. Редактирование профиля. Сценарий, при котором пользователь может изменять информацию о себе, такие как текстовые данные, аудиоинформацию и уведомления. Этот сценарий включает действия, направленные на редактирование конкретных аспектов профиля, например, редактирование текстовой информации или аудиосообщений.

4. Просмотр статистики. Пользователь может просматривать статистику по подписчикам и просмотрам его аудиосообщений, что помогает анализировать популярность и активность его контента. Этот сценарий использования включает статистические данные о количестве подписчиков и количестве просмотров аудиосообщений. Включение этой функции в систему важно с точки зрения мотивации пользователей к созданию большего количества качественного контента.

5. Подписка на пользователя. В этом сценарии реализована возможность отправки и получения заявок на подписку. Пользователь может просматривать заявки на подписку, принимать или отклонять их. Этот сценарий расширяется возможностью разрешить или отказать в подписке.

6. Внесение изменений в настройки. Пользователь может изменить язык системы, часовой пояс, а также редактировать уведомления, что расширяет возможности персонализации приложения.

Заключение.

Разработанное ПС для обмена голосовыми сообщениями в Telegram будет отображать удобный и интуитивно понятный интерфейс для пользователей, включает несколько модулей, таких как регистрация, отправка и получение голосовых сообщений, управление настройками и интеграция с внешними сервисами. Приложение выполняет функции быстрого обмена аудиосообщениями, автоматической обработки запросов, а также персонализированных уведомлений и рекомендаций для пользователей. Главное преимущество перед аналогами заключается в интеграции с Telegram API для простоты использования, быстрой регистрации через Telegram и высокой гибкости, что позволяет адаптировать функциональность под индивидуальные потребности пользователей.

Список использованных источников:

1. Харрис С. Мобильные приложения для обмена голосовыми сообщениями. / С. Харрис. – СПб.: БХВ-Петербург, 2019. – 256 с.: ил.
2. Уиллсон Р. Программирование Telegram ботов. Руководство по использованию Telegram API. / Р. Уиллсон. – М.: Вильямс, 2020. – 352 с.: ил.
3. Браун К. Голосовые мессенджеры: Технологии и будущее. / К. Браун. – М.: Вильямс, 2022. – 512 с.: ил.
4. Дэвидсон С. Использование Telegram API для создания ботов и интеграций. / С. Дэвидсон. – 2-е изд. – СПб.: Питер, 2022. – 464 с.: ил.
5. Ли А. Разработка аудиомессенджеров на платформе Android. / А. Ли. – М.: Эксмо, 2018. – 448 с.: ил.

UDC 004.42+681.84

SOFTWARE FOR EXCHANGING VOICE MESSAGES BETWEEN USERS BASED ON THE HTTP INTERFACE OF THE TELEGRAM BOT API

Germanovich D.O., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Kuntsevich O.Yu. – Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor

Annotation. This article discusses the development of software for a social networking application with dating features, allowing users to interact via text and audio formats, manage subscriptions and profiles, as well as deleting their accounts while maintaining data privacy. The concept of the application's user interface is presented, and the choice of development tools, such as Quarkus and Kotlin, is justified to ensure performance and scalability. The advantages and disadvantages of implementing the solution as a web application are listed. Kotlin was chosen as the programming language. The distinguishing feature of the software compared to similar solutions is the support for audio format in biographies, a convenient interface for interaction via Telegram, and a flexible subscription management system.

Keywords. Software, application development, audio messenger, voice messages.

УДК 004.42+373.1

ВЕБ-ПЛАТФОРМА ДЛЯ ЛОГОПЕДОВ И ДЕТЕЙ С НАРУШЕНИЯМИ РЕЧИ

Достанко А.В., студент гр. 381574, Потоцкий Д.С., магистрант гр. 355841

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Потоцкий Д.С. – ассистент кафедры ИСИТ

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка веб-платформы, предназначенной для логопедов и детей с нарушениями речи. Основное внимание уделяется функциональным возможностям платформы, технологиям разработки и используемым алгоритмам. Представлено описание ключевых моделей системы и их взаимодействия, а также алгоритмов анализа речи и персонализированных упражнений.

Ключевые слова. Веб-платформа, логопедия, распознавание речи, искусственный интеллект.

Введение.

Основная суть веб-платформы – помощь детям с нарушениями речи и упрощение работы логопедов. В настоящее время развитие информационных технологий оказывает значительное влияние на сферу образования и медицинской реабилитации. Одним из перспективных направлений является создание веб-платформ для логопедов, позволяющих автоматизировать процессы диагностики и коррекции речевых нарушений. Такие платформы способствуют более эффективному обучению и реабилитации детей с логопедическими проблемами.

Цель данной работы – разработка веб-платформы для логопедов и детей с нарушениями речи, обеспечивающей диагностику, коррекцию и мониторинг речевого развития.

Основная часть.

Веб-платформа представляет собой инновационное решение для работы логопедов с детьми, создавая единое цифровое пространство для взаимодействия специалистов, родителей и детей. Она обеспечивает удаленный доступ к диагностическим инструментам и программам для корректировки речи, что позволяет значительно снизить временные и финансовые затраты, а также облегчить процесс лечения речевых расстройств. В частности, платформа позволяет проводить диагностику и занятия в удобное время и месте, что особенно актуально для семей с ограниченными возможностями для посещения специалистов или с ограниченным доступом к медицинским учреждениям.

Одним из ключевых элементов платформы является система регистрации и авторизации, которая гарантирует разделение пользователей на три категории: логопедов, родителей и детей. Это разделение позволяет каждому пользователю иметь доступ только к соответствующим функциям. Логопедам предоставляется возможность работы с детьми, создания планов занятий и мониторинга их прогресса, родителям — отслеживания результатов и взаимодействия с логопедами, а детям — выполнения упражнений и игр для развития речи. Для обеспечения безопасности данных все учетные записи пользователей хранятся в базе данных MySQL, а пароли защищены с помощью хеширования, что исключает возможность их утечки. В дополнение к этому используется система сессионного контроля, которая позволяет безопасно управлять доступом и хранить состояние взаимодействия между пользователем и платформой.

Одним из центральных элементов платформы является диагностический модуль, включающий автоматизированный анализ речи и анкетирование. Анкетирование проводится для того, чтобы собрать необходимую информацию о ребенке, его возрасте, уровне развития речи и возможных трудностях. Эти данные являются основой для формирования индивидуального плана занятий, что позволяет адаптировать программу под конкретные потребности ребенка. Автоматический анализ речи выполняется с использованием технологий распознавания речи, что помогает диагностировать речевые ошибки и предлагать конкретные корректирующие упражнения. Система распознает как отдельные звуки, так и целые фразы, что позволяет более точно оценить уровень речевых нарушений и предложить наиболее эффективные методы коррекции.

Платформа использует базу упражнений, которая строится с учетом индивидуальных особенностей каждого ребенка. Алгоритмы адаптивного обучения анализируют ответы ребенка на предлагаемые задания и на основе этого подбирают персонализированные упражнения, которые способствуют более эффективному исправлению речевых нарушений. Это позволяет учитывать не только возрастные особенности, но и личные сложности ребенка в области произношения, грамматики и фразовой структуры.

Мониторинг прогресса ребенка является важным компонентом платформы, позволяющим логопедам и родителям отслеживать динамику изменений в речевом развитии ребенка. Система предоставляет возможность наблюдать за тем, как ребенок усваивает материал, на основе чего специалисты могут оценить эффективность проводимых занятий. Для этого используются различные

графики и аналитика, которые визуально отображают результаты работы ребенка с течением времени. Графики могут отображать прогресс в различных аспектах речи, таких как произношение, построение фраз, грамматика, темп речи и другие ключевые параметры, что позволяет логопедам точно оценить степень улучшения или необходимости внесения изменений в программу занятий.

Одной из особенностей мониторинга является возможность гибкой корректировки планов занятий. Логопеды могут анализировать полученные данные и, в зависимости от успехов ребенка, изменить уровень сложности упражнений, предложить другие виды деятельности или усилить работу над конкретными аспектами речи, где наблюдаются трудности. Это помогает создать максимально эффективную программу обучения, адаптированную под нужды каждого ребенка.

Родители также имеют доступ к результатам мониторинга, что позволяет им отслеживать успехи и изменения в развитии речи их ребенка. Это дает родителям возможность более активно участвовать в образовательном процессе, а также поддерживать ребенка в трудные моменты, когда он сталкивается с проблемами. Отслеживание прогресса способствует не только объективной оценке эффективности работы, но и повышает мотивацию ребенка. Родители могут видеть реальные изменения и успехи, что дает им уверенность в правильности выбранного пути и увеличивает их вовлеченность в процесс обучения.

Интерактивные занятия с элементами геймификации играют важную роль в процессе обучения, поскольку они позволяют сделать его более увлекательным и привлекательным для ребенка. Геймификация помогает превратить занятия в нечто большее, чем просто выполнение упражнений. Игра и игровые элементы делают обучение менее формальным, снижают психологическое напряжение и мотивируют ребенка к регулярным занятиям. Дети, играя, начинают воспринимать обучение как нечто веселое и интересное, а не как обязанность. Это особенно важно, когда речь идет о коррекции речевых нарушений, поскольку дети часто могут испытывать стресс или усталость от повторяющихся упражнений.

Использование мини-игр, анимаций и различных игровых механик помогает детям сосредоточиться на заданиях, улучшая их внимание и память, что в свою очередь способствует лучшему освоению материала. Например, игры могут включать задания на повторение слов, составление предложений, произнесение фраз, где ребенок зарабатывает баллы или награды за правильные ответы. Такие механизмы побуждают ребенка к активному участию и создают ощущение достижения.

Геймификация также способствует снижению стресса, связанного с процессом обучения. Игровые задания, как правило, имеют низкий порог тревожности и напряжения, поскольку ребенок не воспринимает их как традиционную учебную нагрузку. Вместо этого они становятся средством развлекаться и учиться одновременно. Это особенно важно для детей, у которых могут возникать негативные ассоциации с традиционным обучением или терапевтическими упражнениями.

Кроме того, игровые элементы могут стать мотивацией для детей продолжать обучение. Награды, бонусы, уровни сложности, а также положительное подкрепление усиливают заинтересованность и желание продолжать занятия, что способствует более успешному обучению и повышению эффективности логопедической работы.

Для обеспечения эффективного взаимодействия между логопедами и родителями платформа включает систему обратной связи. Она позволяет родителям и специалистам обсуждать результаты занятий, назначать новые упражнения и корректировать программу, если это необходимо. Такая система способствует более тесному взаимодействию между всеми участниками процесса, что в свою очередь повышает эффективность занятий и способствует лучшему результату.

Алгоритмы распознавания речи являются основой работы платформы и играют ключевую роль в анализе речевых ошибок. В платформе используется технология Web Speech API, интегрированная в среду Construct 3. Этот инструмент позволяет эффективно анализировать голосовые команды ребенка, преобразовывая их в текст для дальнейшего анализа. Система непрерывного распознавания речи позволяет не только анализировать отдельные слова, но и целые фразы, что особенно важно для оценки плавности речи и логических связей между словами.

Процесс работы алгоритма начинается с активации микрофона и записи речи ребенка [1]. Аудиофайл передается в систему Web Speech API, которая использует машинное обучение для обработки звуковых данных [2]. Алгоритм распознает слова и фразы, которые ребенок произносит, и на основе этого данные передаются в систему для дальнейшего анализа. Это позволяет выявить ошибки произношения, грамматические ошибки и другие нарушения речи.

Далее система подбирает соответствующие корректирующие упражнения, которые могут помочь ребенку улучшить свою речь.

Работу алгоритма распознавания речи в Construct 3 можно увидеть на рисунке 1.



Рисунок 1 – Общая схема процесса распознавания речи в Construct 3

Используемая технология требует наличия интернет-соединения, поскольку обработка речи происходит на сервере. Однако в будущем возможно внедрение офлайн-алгоритмов на основе TensorFlow.js, что позволит снизить зависимость от подключения к сети и повысить доступность платформы для пользователей с ограниченным доступом к интернету.

Заключение.

Заключение. Разрабатываемая веб-платформа находится на завершающей стадии и в будущем будет предоставлять эффективный инструмент для логопедов и родителей, позволяя автоматизировать диагностику и коррекцию речевых нарушений. Она включает в себя модули регистрации, диагностики, персонализированного обучения, мониторинга прогресса и обратной связи. Ключевой особенностью платформы является использование алгоритмов распознавания речи, которые анализируют голос ребенка и помогают в корректировке речи. Дальнейшая работа будет направлена на расширение функционала, внедрение новых алгоритмов и интеграцию с мобильными приложениями.

Список использованных источников:

1. Spec-zone.ru.Руководство, описание, спецификации [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://spec-zone.ru/dom/web_speech_api/using_the_web_speech_api. – Дата доступа: 19.03.2025.
2. TProger [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://tproger.ru/articles/7-veb-interfejsov-javascript-dlya-sozdaniya-futuristichnyh-sajtov>. – Дата доступа: 18.03.2025.

UDK 004.42+373.1

WEB PLATFORM FOR SPEECH THERAPISTS AND CHILDREN WITH SPEECH DISORDERS

Dostanka A.V., student, Potosky D.S., master's student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Potosky D.S. – Assistant

Annotation. This article discusses the development of a web platform designed for speech therapists and children with speech disorders. The main focus is on the platform's functional capabilities, development technologies, and the algorithms used. It provides a description of the key system models and their interactions, as well as the speech analysis algorithms and personalized exercises.

Keywords. Web platform, speech therapy, speech recognition, artificial intelligence.

УДК 004.4+004.048

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ УЧЕТА КАЛОРИЙ И МОНИТОРИНГА ПИТАНИЯ

Дудко А.Д., студент гр.181072

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Власова Г.А. – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. Данная работа посвящена разработке веб-приложения, которое решает задачу мониторинга питания и учета калорий с применением современных технологий. Для облегчения процесса учета калорий был разработан алгоритм распознавания продуктов и их объема на изображении и вычисления примерного содержания калорий.

Ключевые слова. Нейронная сверточная сеть, мониторинг питания, распознавание изображений, обучение модели.

Веб-приложения сегодня занимают важное место в нашей повседневной жизни, обеспечивая доступ к самым разнообразным сервисам и ресурсам непосредственно через браузер. Одной из наиболее подходящих областей применения современных технологий является управление питанием и расчет калорий.

Последние десятилетия наблюдается значительный рост интереса к здоровому образу жизни и правильному питанию. Это связано с увеличением числа заболеваний, связанных с неправильным питанием и малоподвижным образом жизни, таких как ожирение, диабет, сердечно-сосудистые заболевания и другие.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ): в 2022 году избыточную массу тела имели 2,5 миллиарда взрослых в возрасте от 18 лет и старше; из них более 890 миллионов взрослых страдали ожирением. Это означает, что избыточную массу тела имели 43% взрослых в возрасте 18 лет и старше (43% мужчин и 44% женщин); для сравнения, в 1990 году избыточную массу тела имели только 25% взрослых в возрасте 18 лет и старше. Распространенность избыточной массы тела варьировалась в зависимости от региона: от 31% в Регионе Юго-Восточной Азии и Африканском регионе ВОЗ до 67% в Регионе стран Америки [1]. Эти цифры подчеркивают необходимость принятия мер по улучшению питания и образа жизни населения.

Традиционные методы отслеживания рациона часто требуют значительных усилий и времени, что может стать препятствием для пользователей. Основным шагом, занимающим больше всего времени, является подсчет калорий и составление плана питания, так как для этого требуется знать пищевую ценность каждого продукта. Данный шаг легко решить созданием обширной базы данных продуктов и их состава.

Следующим шагом является оценка текущего рациона пользователя. Для этого разработан следующий алгоритм:

1. Получение истории питания пользователя за несколько дней, так в приложении полагается за прошлые 7 дней.

2. Учет диетических предпочтений, целей и аллергенов пользователя при выборе продуктов. Расчет целевых калорий и макронутриентов (белков, жиров, углеводов) и их распределение в течение суток по приемам пищи.

3. Оценка соответствия текущего рациона целевым показателям по всем критериям.

4. Формирование рекомендаций по улучшению и изменению рациона. Данный этап основан на результатах оценки рациона пользователя и может включать следующие предложения: изменения порций (уменьшение или увеличение порции определенного продукта), предложение о замене некоторых менее полезных продуктов (например, фастфуда, сладостей), или добавлении новых продуктов при недостаточном разнообразии рациона.

5. Формирование отчета на основе всех рекомендаций, который предоставляется пользователю.

Анализ питания — это важный процесс, который помогает понять, насколько сбалансирован рацион и какие изменения могут быть полезны для здоровья. Регулярный анализ и корректировка питания способствуют улучшению общего самочувствия и профилактике различных заболеваний.

Следующим важным этапом является формирование приемов пищи, что также является трудоемкой задачей для человека, особенно если он мало сведущ в области пищевой ценности продуктов. Данный алгоритм очень схож с алгоритмом анализа питания, но делает больший акцент на цель пользователя, нежели на текущее питание.

Многие существующие приложения для мониторинга питания уже предлагают схожий функционал, включая анализ рациона и формирование приемов пищи. Эти инструменты помогают

пользователям отслеживать потребление калорий, планировать меню и получать рекомендации по улучшению питания. Однако, несмотря на наличие этих возможностей, пользователи часто сталкиваются с трудностями при ручном вводе данных и оценке калорийности продуктов. Процесс добавления информации о каждом приеме пищи может быть утомительным и времязатратным, что приводит к снижению мотивации и точности учета.

Кроме того, многие приложения требуют от пользователей знания о питательной ценности продуктов, что может быть затруднительно для тех, кто не имеет специальной подготовки. Часто пользователи не уверены в правильности введенных данных, что может привести к ошибкам в расчетах и, как следствие, к неправильным выводам о состоянии их рациона. Это создает необходимость в более интуитивных и удобных решениях, которые могли бы упростить процесс мониторинга питания и сделать его более доступным для широкой аудитории.

В ответ на эти вызовы было решено разработать алгоритм распознавания калорийности продуктов на изображениях. Этот инновационный подход позволяет пользователям просто загружать фотографии своих блюд, а алгоритм автоматически анализирует изображение и предоставляет мгновенные данные о калорийности и составе пищи. Такой способ значительно сокращает время, затрачиваемое на ввод данных, и минимизирует вероятность ошибок, связанных с ручным вводом.

Кроме того, использование технологии распознавания изображений открывает новые возможности для взаимодействия с пользователями, делая процесс учета питания более увлекательным и менее обременительным.

Идея данного алгоритма основана на адаптации и дообучении существующей модели YOLOv5 для автоматического распознавания продуктов питания, а также создании дополнительной модели, которая выполняет задачи классификации, определения объема продуктов и расчета их калорийности. На рисунке 1 представлен обобщённый алгоритм обучения модели.

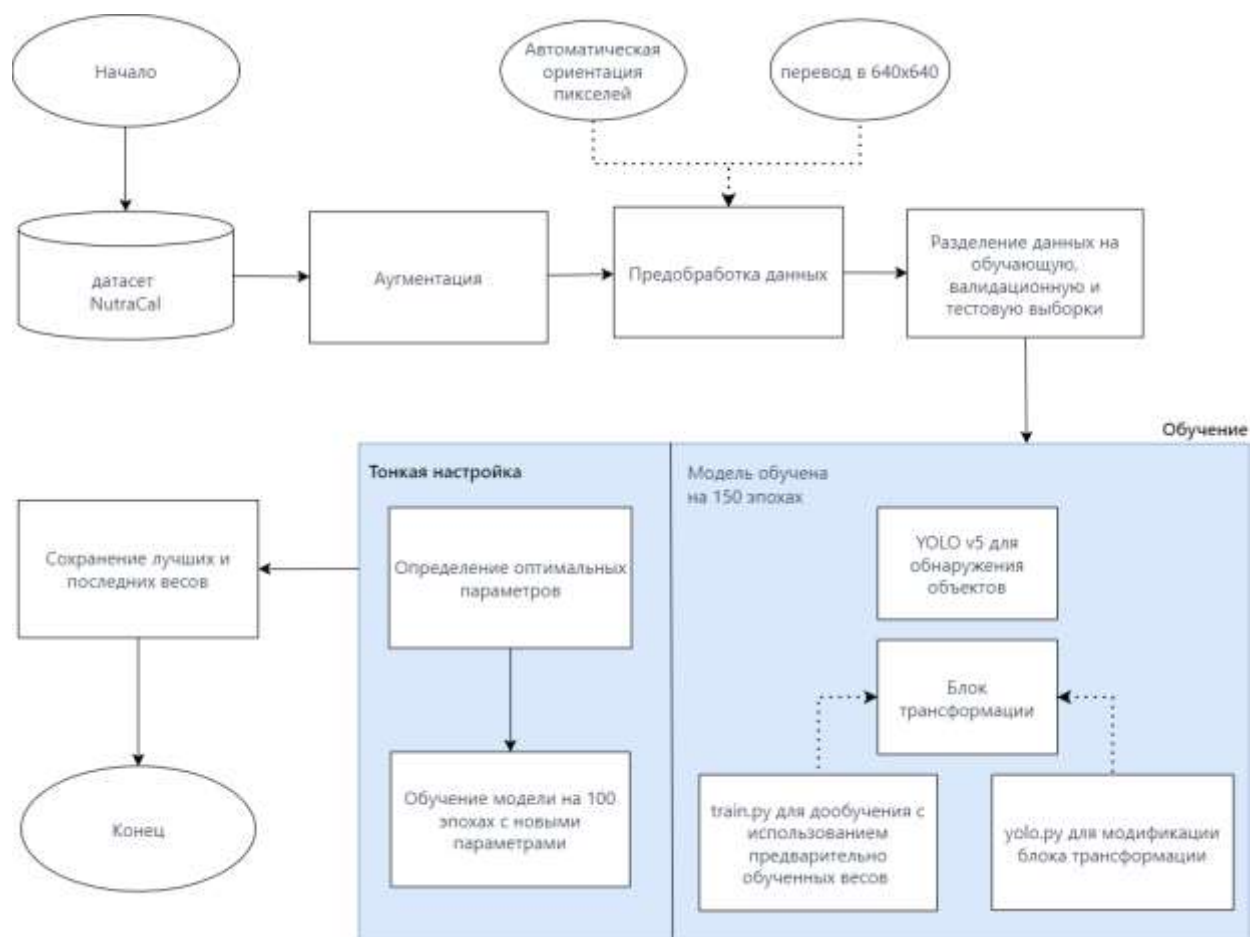


Рисунок 1 – Обобщённый алгоритм обучения модели распознавания продуктов

Процесс обучения начинается с формирования обучающего датасета NutraCal [2], который содержит изображения продуктов и информацию о их калорийности. Для повышения эффективности обучения проводится аугментация данных, представляющая собой искусственное увеличение объема обучающей выборки. Это достигается за счёт применения различных трансформаций к изображениям, таких как вращение, изменение масштаба, зеркальное отображение и корректировка яркости. Такие преобразования помогают улучшить устойчивость модели к разнообразным ситуациям и условиям съёмки.

На этапе предобработки данные унифицируются: все изображения приводятся к стандартному размеру 640x640 пикселей. Это обеспечивает совместимость с архитектурой модели YOLOv5 и упрощает обработку данных. После предобработки осуществляется разделение всего датасета на три части: обучающую выборку, используемую для обучения модели; валидационную выборку, применяемую для оценки качества модели в процессе обучения; и тестовую выборку, предназначенную для проверки её производительности на новых, ранее не виденных данных.

Процесс обучения включает два основных этапа. Первый этап — базовое обучение, где модель проходит 150 эпох. На этом этапе модель учится базовым закономерностям распознавания объектов на изображениях. Второй этап — тонкая настройка, во время которой определяются оптимальные гиперпараметры, такие как скорость обучения, параметры аугментации и структура нейронной сети. После настройки проводится дообучение модели на дополнительных 100 эпохах. В процессе обучения сохраняются как последние веса модели, так и лучшие веса, достигнутые при максимальном качестве работы на валидационных данных. Эти веса используются для последующего применения модели. В процессе обучения аккуратность модель приблизилась к 80%, график валидационной точности изображен на рисунке 2.

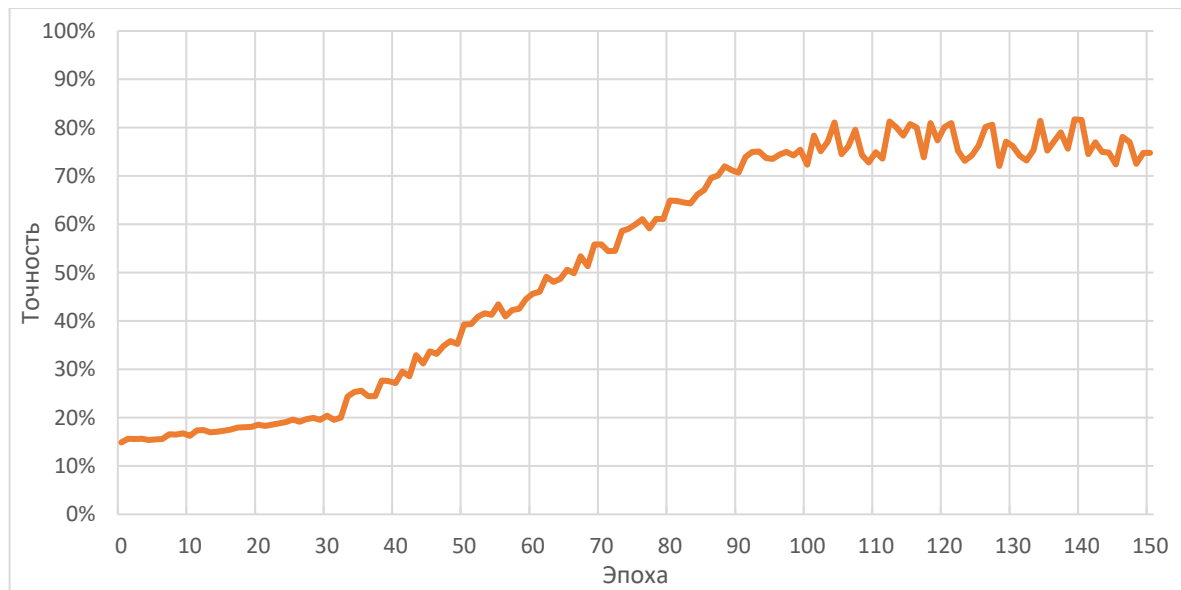


Рисунок 2 – График валидационной точности

После успешного завершения этапа обучения модель готова к работе с новыми изображениями для решения задач автоматического распознавания и анализа. Обобщенный алгоритм распознавания и классификации продуктов на изображении представлен на рисунке 3.

На этом этапе система принимает на вход пользовательское изображение, которое проходит предварительную обработку. Для анализа используются сохранённые лучшие веса, что позволяет модели функционировать с высокой точностью.

С помощью ранее обученной модели на изображении выделяются кадры — объекты, отобранные моделью, которые она классифицировала как продукт. После этого выполняется классификация объектов: модель определяет классы продуктов, присутствующих на изображении (например, яблоки, бананы или хлеб). Для определения объема каждого продукта используется сверточная нейронная сеть, структура которой специально разработана для извлечения геометрических параметров объектов на изображении.

Первый слой — сверточный слой с 32 фильтрами размером 3x3, шагом 1 и функцией активации ReLU. Этот слой извлекает базовые признаки, такие как границы и текстуры объектов. Далее следует слой пулинга (max-pooling) с размером ядра 2x2, который уменьшает размерность данных и сохраняет ключевые особенности.

Второй сверточный слой содержит 64 фильтра размером 3x3, за которым также следует слой пулинга 2x2. Это помогает выделить более сложные признаки, такие как контуры и формы объектов.

После этого модель включает три остаточных блока (residual blocks), каждый из которых состоит из двух сверточных слоев с 128 фильтрами размером 3x3. Остаточные блоки помогают сохранить информацию, извлеченную на ранних этапах, и предотвращают исчезновение градиента при обучении. Далее добавляется модуль пространственного внимания (spatial attention), который анализирует изображение и выделяет области, наиболее значимые для определения формы и размеров объектов. Этот модуль улучшает точность определения длины, ширины и высоты объектов.

Выходной слой модели включает три узла: первый узел предсказывает длину объекта, второй — ширину, а третий — высоту. Эти значения используются для вычисления объема.

Модель обучается с использованием функции потерь, включающей две составляющие: ошибка в предсказании геометрических параметров и ошибка в расчете объема. В качестве оптимизатора используется Adam, а для контроля переобучения применяются dropout с вероятностью 0.3 и L2-регуляризация.

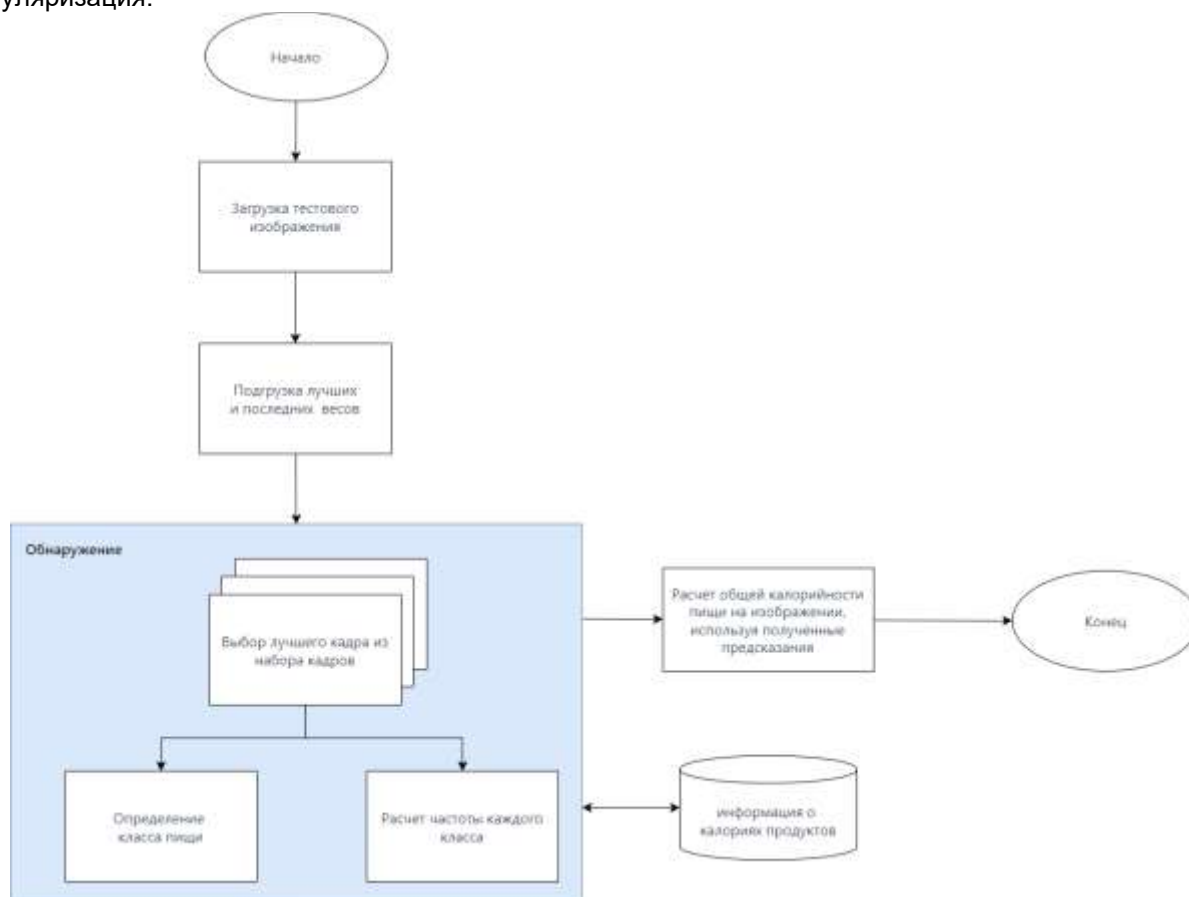


Рисунок 3 – Обобщенный алгоритм распознавания продуктов на изображении и их калорийности

Затем проводится расчет частоты каждого класса и объем, то есть определяется количество объектов одного типа. Итоговым этапом является вычисление общей калорийности всех продуктов на изображении. Для этого модель использует предсказанные классы, объёмы и данные из базы NutraCal, где хранятся сведения о калорийности различных продуктов. Такой процесс позволяет пользователю получить точную информацию о питательной ценности продуктов, что делает систему удобным инструментом для мониторинга питания и контроля за количеством потребляемых калорий.

Список использованных источников:

1. ВОЗ. Ожирение и избыточный вес [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/obesity-and-overweight/> – Дата доступа: 22.12.2024.
2. ECUSTFD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://paperswithcode.com/dataset/ecustfd/> – Дата доступа: 22.12.2024.

UDC 004.4+004.048

WEB APPLICATION FOR AUTOMATED CALORIE TRACKING AND NUTRITION MONITORING

Dudko A.D., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Vlasova G.A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. This work is dedicated to the development of a web application that addresses the task of monitoring nutrition and tracking calories using modern technologies. To simplify the process of calorie tracking, an algorithm was developed for recognizing food items and their volume in images, as well as estimating their approximate calorie content.

Keywords. Neural convolutional network, nutrition monitoring, image recognition, model training.

УДК 616.5:681.5

МОДЕЛИ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ЛЕЧЕНИЯ КОЖНЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ ЧЕЛОВЕКА

Лазарева Ю.А., студент гр.181073

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Скудняков Ю.А. – канд. техн. наук, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. Данная статья посвящена актуальной теме—разработке графовых, структурно-функциональной и алгоритмической моделей для диагностики и лечения кожных заболеваний человека. Использование разработанных моделей позволяет формализовать и автоматизировать процессы обработки больших массивов данных для диагностики и лечения людей с многими видами кожных заболеваний и, тем самым, дает возможность получать сравнительно точные результаты для достижения цели обнаружения существующих кожных патологий и их лечения.

Ключевые слова. Кожные заболевания, диагностика, лечение, графовые, структурно-функциональная, алгоритмическая модели, индивидуальная траектория лечения.

Введение.

Диагностика и лечение кожных заболеваний (КЗ) человека в настоящее время является весьма сложной проблемой, поскольку использование существующих методов, методического обеспечения, медико-биологических технологий и т.д. не в полной мере позволяет получить точное диагностирование и полноценное лечение приведенных выше заболеваний.

Для успешного решения данной проблемы требуется использование системного подхода, предусматривающего применение передовых достижений в разных сферах человеческой деятельности, например, в медицине, биологии, химии, в информационных технологиях, программировании, компьютерной техники, искусственного интеллекта и т.д.

Кожа – самый обширный орган тела человека, являющийся защитным слоем от негативного влияния внешней среды. КЗ, к сожалению, много, диагностирование и особенно лечение требуют использования индивидуального подхода с учетом особенностей конкретного заболевания и применения высокотехнологичных медико-биологических и компьютерных технологий.

Применение существующих методов и средств диагностики и лечения КЗ в большинстве случаев не в полной мере позволяет достичь желаемого результата. В связи с этим весьма актуальной задачей является разработка и использование новых подходов и средств на основе современных и перспективных систем искусственного интеллекта, квантовых технологий, математических моделей и программно-алгоритмического и информационного обеспечения и т.д.

В настоящее время имеется ряд публикаций, в которых рассматриваются возможности, особенности, недостатки и перспективы развития существующих решений вышеизложенной проблемы, например, таких как [1-9]:

- индивидуальный подход, учитывающий персональные особенности КЗ каждого пациента;
- методы изображений и компьютерного зрения, использование которых позволяет осуществлять визуализацию и когерентную томографию для выполнения оценки повреждений и отклонений состояния кожи от нормы;
- алгоритмы машинного обучения, необходимые для проведения анализа данных пациентов с целью прогнозировать риски и результаты лечения КЗ;
- модели интеграции данных, используемых для объединения различных типов данных (изображения, история болезни, сведения о генетических особенностях пациента и т.д.);
- технологии искусственного интеллекта;
- неинвазивные технологии диагностики, применение которых позволяет исследовать структуру кожи во времени для обнаружения новообразований;
- нанотехнологии, необходимые для использования в лечении КЗ, особенно, для возрастных пациентов;
- цифровые технологии, использование которых позволяет достаточно точно и быстро обрабатывать большие массивы данных, необходимых для проведения достоверного диагностирования и эффективного лечения КЗ;
- рекомендательные технологии, применение которых помогает принимать объективные, важные решения на этапах диагностики и лечения КЗ.

Основная часть.

В данной статье для дальнейшего развития существующих подходов и технологий предложен, в качестве дополнительных, ряд новых моделей, использование которых

потенциально позволит повысить производительность и точность диагностики и, следовательно, эффективность лечения КЗ.

На рисунке 1.а представлена разработанная графовая модель, иллюстрирующая процесс диагностики КЗ. На рисунке обозначены:

– DSD (*diagnosis of skin diseases*) – диагностика КЗ, т.е. $DSD = \{dt_r, r = 1, 2, \dots, m = \overline{1, m}\}$, $|DSD| = m$ – множество диагностических средств (*diagnostic tools*), где dt_r – r -е средство диагностики КЗ. Очевидно, что количество таких средств для диагностики КЗ одного пациента может быть от 1 до l , т.е. находиться в отрезке $[1, l]$, в котором, в зависимости от сложности КЗ, l – переменная величина.

– $P = \{p_i, i = 1, 2, \dots, n = \overline{1, n}\}$, $|P| = n$ – множество пациентов (*patients*), а p_i – i -й пациент;

Предложенная графовая модель отражает процесс анализа и диагностики медицинских параметров состояния кожи каждого пациента p_i и в целом n -го их количества с использованием необходимого набора диагностических инструментов.

Такая модель имеет наглядную интерпретацию для доступного понимания рассматриваемого процесса диагностики КЗ и представляет собой ориентированный граф с прямыми и обратными связями в виде дуг информационного характера. Кроме того, данная модель может быть представлена в виде матрицы коэффициентов, отражающих уровень информационного потока между каждым пациентом и системой диагностики DSD.

Компьютерная реализация матричной формы предложенной графовой модели не вызывает особых проблем, что является важным достоинством данной модели с точки зрения получения достоверных и оперативных диагностических результатов и, соответственно, повышается качество принятия решения по лечению КЗ человека.

Кроме того, наряду с использованием различных передовых технологий, эффективность диагностики КЗ можно достичь с применением медицинских технических средств, в частности лампы Вуда [10-11].

Применение лампы Вуда позволяет достаточно точно определить вид КЗ. Данное устройство не обладает большими массогабаритными параметрами, что обеспечивает доступность и удобство его применения каждым пациентом в любом месте, как в медицинском учреждении, так и за его пределами.

Скорость обработки данных также играет важную роль: алгоритмические основы приложения, основанные на анализе изображений в реальном времени, сокращают время диагностики до нескольких минут, уменьшая тем самым нагрузку на медицинский персонал и ускоряя процесс постановки предварительного диагноза. Современные методы анализа изображений, включая машинное обучение и нейронные сети, обеспечивают высокую точность при идентификации патологических состояний кожи, а с течением времени и накоплением данных эти модели могут быть дополнительно обучены, что повышает их эффективность.

На основе полученных результатов на этапе диагностики выполняется процесс лечения КЗ.

Поскольку видов КЗ достаточно много, то в этом случае требуется использование дифференцированного подхода для успешного лечения кожи.

При этом осуществление удачного лечения КЗ требует высокой квалификации, опыта, ответственного, внимательного отношения врача к пациенту и наличия соответствующих лекарственных средств и медицинского оборудования, а также передовых и перспективных информационных, цифровых, нейросетевых и других инновационных технологий.

Преимущества использования цифровых, информационных технологий, систем искусственного интеллекта, программно-алгоритмического обеспечения по сравнению с имеющимися разработками:

уменьшение временных издержек на обработку большого объема информации, необходимой для более полного и глубокого изучения и понимания сущности КЗ медицинским персоналом с целью достижения желаемых результатов лечения;

обеспечение обоснованного выбора необходимого инструментария для реализации оптимального процесса лечения КЗ;

повышение комфортности и оперативности информационного обмена между пациентами и медицинским персоналом за счет применения современных интернет-технологий.

Для решения проблемы лечения КЗ разработана графовая модель, отражающая информационную и физическую связи между множеством лекарственных средств и множеством КЗ человека.

Наглядная интерпретация предложенной модели представлена на рисунке 1.б.

На рисунке 1.б обозначены:

– $MP = \{mp_j, j = 1, 2, \dots, c = \overline{1, c}\}$, $|MP| = c$ – множество лекарственных средств (*medicinal products*), mp_j – набор лекарственных средств для лечения кожи каждого пациента p_i в множестве MP ;

– $D = \{d_e, e = 1, 2, \dots, k = \overline{1, k}\}$, $|D| = k$ – множество КЗ (*skin diseases*), имеющих у n пациентов.

Следует отметить, что для лечения КЗ, как правило, используются лекарства из МР, однако, при необходимости, может применяться соответствующее медицинское оборудование (medical equipment).

Как видно из рисунка 1.б, изображенная графовая модель, как и на рисунке 1.а, представляет собой ориентированный мультиграф, отражающий процесс запроса к МР и получения соответствующих лекарств для лечения каждого пациента.

Применение такой модели поможет врачу в сочетании с традиционными методами осуществлять процесс лечения КЗ системно, оперативно и относительно точно, поскольку она поддается алгоритмизации и программной реализации и является гибким и универсальным инструментом для принятия объективного решения.

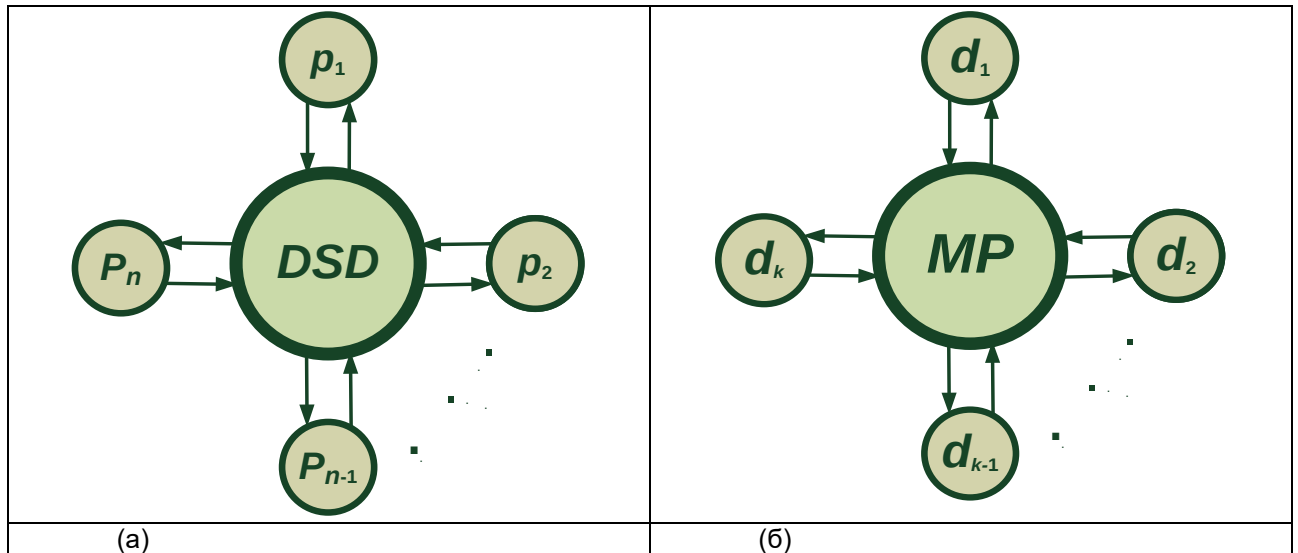


Рисунок 1 – Графовые модели: (а) процесса диагностики КЗ человека; (б) процесса лечения КЗ человека

Для организации процессов диагностики и лечения КЗ разработана структурно-функциональная модель, потенциально являющейся основой автоматизированной врачебной деятельности в сфере обследования КЗ человека (рисунок 2).

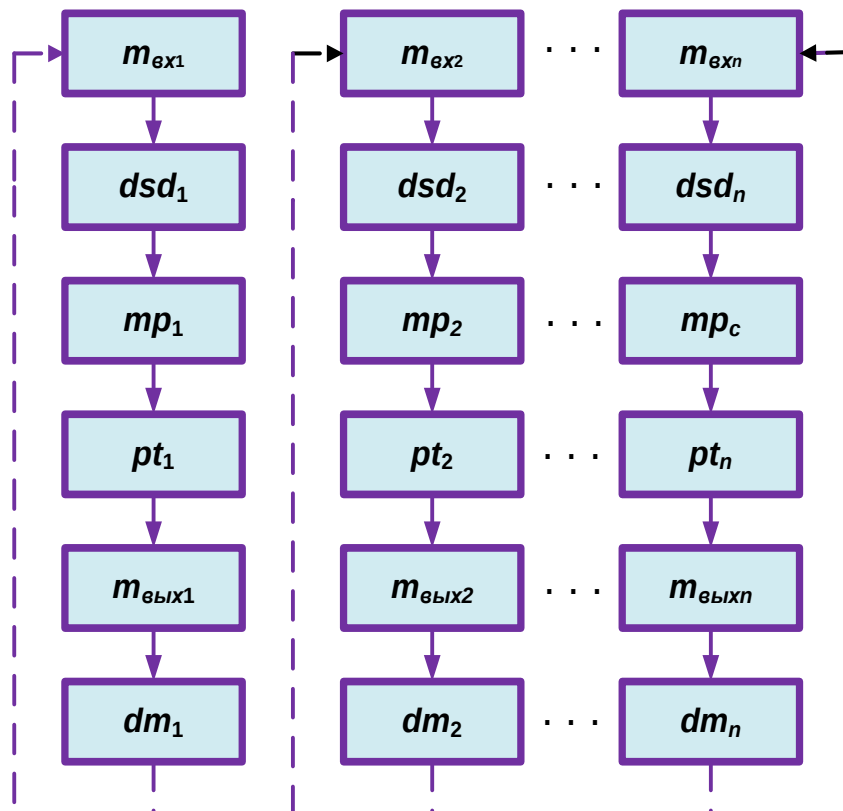


Рисунок 2 – Структурно-функциональная модель процессов диагностики и лечения КЗ человека

На рисунке 2 показаны:

- $M_{вх} = \{m_{вхi}, i = 1, 2, \dots, n = \overline{1, n}\}, |M_{вх}| = n$ – множество входных моделей (input models), содержащих параметры состояния кожи n пациентов, а $m_{вхi}$ – входная модель i -го пациента в множестве $M_{вх}$;
- DSD (diagnosis of skin diseases) – диагностика КЗ, где dsd_i – средства для диагностики КЗ;
- $MP = \{mp_j, j = 1, 2, \dots, c = \overline{1, c}\}, |MP| = c$ – множество лекарственных средств (medicinal products), mp_j – набор лекарственных средств для лечения кожи каждого пациента p_i в множестве MP ;
- $PT = \{pt_i, i = 1, 2, \dots, n = \overline{1, n}\}, |PT| = n$ – множество процедур лечения КЗ n пациентов, а pt_i – набор процедур для лечения КЗ i -го пациента;
- $M_{вых} = \{m_{выхi}, i = 1, 2, \dots, n = \overline{1, n}\}, |M_{вых}| = n$ – множество выходных моделей (output models), отражающих физическое состояние кожи n пациентов, $m_{выхi}$ – выходная модель i -го пациента, содержащая результаты его лечения;
- $DM = \{dm_i, i = 1, 2, \dots, n = \overline{1, n}\}, |DM| = n$ – множество принятий решений на основе анализа результатов лечения КЗ n пациентов, dm_i – принятие решения (making a decision) после лечения КЗ i -го пациента.

В случае отсутствия полного или частичного положительного лечения, процесс обследования состояния кожи и дальнейшее лечение КЗ пациентов повторяются (обратные связи в виде направленных пунктирных линий). Алгоритмическая реализация предложенных процессов диагностики и лечения КЗ каждого человека осуществляется с помощью разработанной логической модели, показанной на рисунке 3.

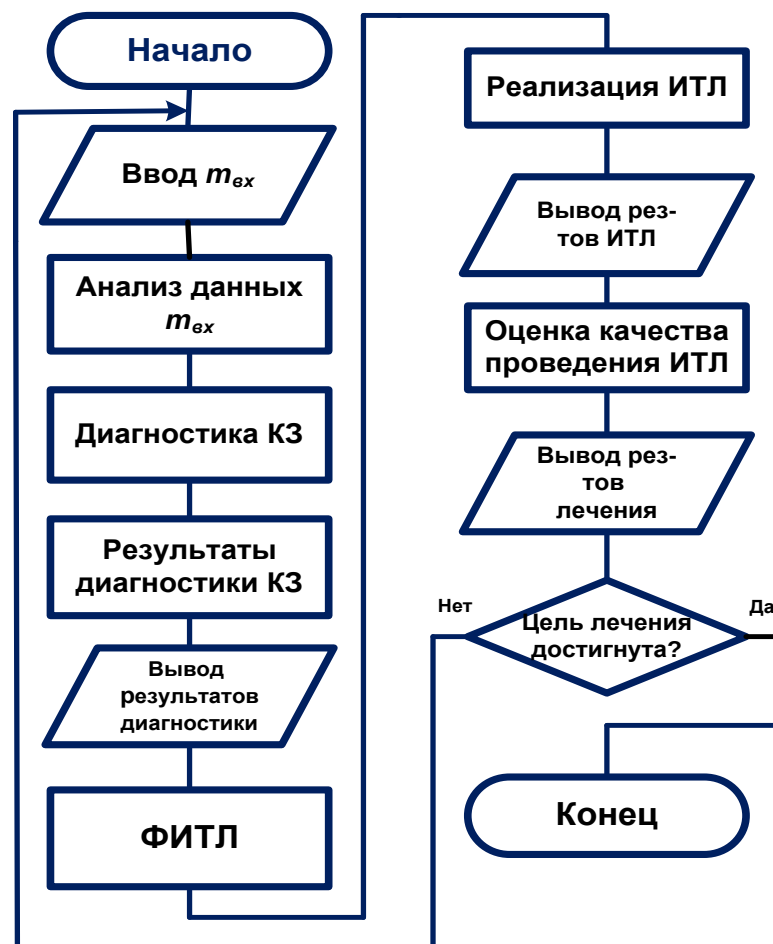


Рисунок 3 – Алгоритмическая модель реализации процессов диагностики и лечения КЗ человека

Алгоритм работает следующим образом:

- 1) осуществляется ввод входной модели $m_{вх}$, содержащей информацию о состоянии кожи пациента, для проведения анализа и диагностики КЗ;
- 2) далее, как показано на рисунке 4, последовательно выполняются: анализ данных $m_{вх}$, диагностика КЗ, затем получение ее результатов и их вывод на электронный и бумажный носители;
- 3) по полученным результатам диагностики формируется структура и содержание индивидуальной траектории лечения (ФИТЛ), учитывающей особенности КЗ пациента, далее

осуществляются ее реализация, вывод результатов ее реализации, оценка качества ее проведения и вывод результатов лечения КЗ;

4) Если цель лечения достигнута, то работа алгоритма завершается, в противном случае, если результаты лечения не вполне удовлетворительные, выполняется переход к вводу твх.

Заключение.

В процессе исследования проведено изучение возможностей, достоинств и недостатков существующих методов, технологий и средств диагностики и лечения кожных заболеваний человека. На основе полученных результатов исследования предложен подход, включающий разработку и использование в медицинской практике новых моделей: графовых, структурно-функциональной, алгоритмической для проведения и получения более эффективных результатов диагностики и лечения КЗ человека. Использование вышеперечисленных моделей позволяет достичь результатов, обладающих большей универсальностью, гибкостью, оперативностью и точностью для достижения высоких показателей качества в диагностических и лечебных процессах КЗ человека по сравнению с существующими решениями. Это достигается за счет возможностей предложенных моделей обрабатывать большие массивы данных, использовать ИТЛ на основе цифровых компьютерных технологий и технологий искусственного интеллекта.

В качестве перспективного развития полученных результатов диагностики и лечения КЗ человека можно будет использовать, при условии их практического внедрения, квантовые технологии, поскольку квантовые компьютеры, являющиеся основой данных технологий, обладают существенно большей производительностью по сравнению с самыми мощными современными компьютерами.

Список использованных источников:

1. Аравийская, Е.Р. Руководство по дерматокосметологии / Аравийская Е.Р., Соколовский Е.В. – Санкт-Петербург: ООО «Издательство Фолиант», 2008. – 632 с.
2. Потекаев, Н.Н., Дифференциальная диагностика и лечение кожных болезней / Н.Н. Потекаев, В.Г. Акимов - М.: ГЭОТАР - Медиа, 2016. – 456 с.
3. Родионов, А.Н. Дерматокосметология. Поражения кожи лица и слизистых. Диагностика, лечение и профилактика / А.Н. Родионов. – СПб: Наука и Техника, 2011. – 912 с.
4. Хэбиф, Т.П. Кожные болезни: Диагностика и лечение / Т. П. Хэбиф, пер. с англ. – 4-е изд. – М.: МЕДпресс-информ, 2016. – 704с.
5. Панкратов, О.В. Инфекционная дерматология в практике врачей первичного звена: руководство для врачей / О.В. Панкратов, В.Г. Панкратов. — Минск: Новое знание, 2015. — 192 с.
6. Кацамба, А. Д. Европейское руководство по лечению дерматологических болезней / А.Д. Кацамба, Т.М. Лотти.; пер. с англ. – 3-е изд. – М.: МЕДпресс-информ, 2014. – 736 с.
7. Беляева, Л. М. Атопический дерматит и аллергический ринит у детей и подростков: практическое пособие / Л. М. Беляева. – Минск, ООО «В.И.З.А. ГРУПП». – 2006 – 196 с.
8. Огренч, Н. А. Методология фитотерапии: пособие по фитотерапии / Н. А. Огренч / Минск: Ковчег. – 2014. – 96 с.
9. Шандора, Н. Цифровизация системы здравоохранения: опыт и перспективы / Н. Шандора // Наука и инновации / гл. ред. Ж.В. Комарова. – Минск, учредитель: НАН РБ. – 2020, №2. – С. 38-43.
10. Что такое лампа Вуда и как она работает [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.medkv.ru/chto-takoe-lampa-vuda-i-kak-ona-rabotaet.html>.
11. Осмотр лампой «Вуда» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doktorstolet.ru/articles/dermatologiya/diagnostika-lampy-vuda/>.

UDC 616.5:681.5

MODELS FOR THE DIAGNOSIS AND TREATMENT OF HUMAN SKIN DISEASES

Lazareva Yu.A., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Skudnyakov Yu.A. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Annotation. This article is devoted to an urgent topic—the development of graph, structural, functional and algorithmic models for the diagnosis and treatment of human skin diseases. The use of the developed models makes it possible to formalize and automate the processing of large amounts of data for the diagnosis and treatment of people with many types of skin diseases and, thereby, makes it possible to obtain relatively accurate results to achieve the goal of detecting existing skin pathologies and their treatment.

Keywords. Skin diseases, diagnosis, treatment, graph, structural and functional, algorithmic models, individual treatment trajectory.

УДК 004.93

МОБИЛЬНОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЗАБОЛЕВАНИЙ КОЖИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЛАМПЫ ВУДА

Лазарева Ю.А., студент гр.181073

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Скудняков Ю.А. – канд. техн. наук, доцент каф. ИСиТ

Сицко В.А. – ст. преп. кафедры ИСиТ

Аннотация. Разработано мобильное приложение, помогающее диагностировать кожные заболевания человека с использованием лампы Вуда. Приложение создано на базе платформы React Native с интеграцией OpenCV, что позволяет определять кожные заболевания по фотографиям, сделанным в свете УФ-лампы. Приложение предоставляет возможность диагностики благодаря применению алгоритмов компьютерного зрения.

Ключевые слова. Мобильное приложение, платформа React Native, Python, OpenCV, нейросети, кроссплатформенность.

Введение. Заболевания кожи являются одной из наиболее распространённых проблем здравоохранения во всём мире. Они затрагивают миллионы людей разных возрастов и социальных групп, оказывая значительное влияние на качество жизни и здоровье общества в целом. Заболевания кожи могут варьироваться от относительно лёгких и временных состояний до хронических и потенциально опасных для жизни форм. Некоторые из наиболее распространенных заболеваний кожи включают: 1) грибковые заболевания; 2) микроспория; 3) вульгарные угри (акне); 4) эритразма; 5) разноцветный лишай; 6) заболевание Favus; 7) витилиго; 8) красная волчанка.

Частота возникновения кожных заболеваний варьируется в зависимости от региона, климата, образа жизни и генетической предрасположенности. Например, акне чаще встречается в странах с высоким уровнем загрязнения окружающей среды и стрессовых факторов, тогда как экзема и псориаз имеют тенденцию к наследственной передаче.

Заболевания кожи могут оказывать существенное воздействие на жизнь человека, вызывая физический и эмоциональный дискомфорт, снижение самооценки и социальной активности. Некоторые из этих заболеваний требуют длительного лечения и постоянного ухода за кожей. Важно отметить, что ранняя диагностика и правильное лечение играют ключевую роль в управлении заболеваниями кожи и предотвращении осложнений. Регулярные осмотры у дерматологов, соблюдение гигиенических норм и здоровый образ жизни могут значительно снизить риск развития и обострения кожных заболеваний.

В настоящее время разработаны и используются в диагностике и лечении кожных заболеваний ряд новых инновационных решений, в частности, оптических методов исследования кожных новообразований, дополняющих существующие диагностические возможности дермоскопии. К таким методам можно отнести метод многоспектральной обработки изображений кожных новообразований [1–4], основанный на получении последовательности монохромных изображений, каждое из которых представляет собой распределение интенсивности света на выбранной длине волны. Следовательно, увеличение числа используемых длин волн позволяет получить большой объем спектральной информации и, тем самым, достичь достаточно точных и объективных результатов диагностики и лечения заболеваний кожи человека.

Основная часть. Для получения точных и оперативных диагностических результатов необходимо применение наиболее эффективных цифровых компьютерных технологий с применением систем искусственного интеллекта и программно-алгоритмического обеспечения.

В данной работе разработано мобильное приложение для определения заболеваний кожи с использованием лампы Вуда, представляющее собой высокотехнологичное решение и обладающее множеством технических и практических преимуществ.

Прежде всего, оно обеспечивает доступность и удобство эксплуатации, позволяя пользователям проводить диагностические процедуры вне медицинских учреждений, независимо от своего местоположения. Это особенно актуально для жителей отдалённых регионов или тех, кто испытывает временные ограничения на посещение специализированных клиник.

Скорость обработки данных также играет важную роль: алгоритмические основы приложения, основанные на анализе изображений в реальном времени, сокращают время диагностики до нескольких минут, уменьшая тем самым нагрузку на медицинский персонал и ускоряя процесс постановки предварительного диагноза. Современные методы анализа изображений, включая машинное обучение и нейронные сети, обеспечивают высокую точность при идентификации

патологических состояний кожи, а с течением времени и накоплением данных эти модели могут быть дополнительно обучены, что повышает их эффективность.

После пандемии COVID-19 стал расти спрос на постоянный мониторинг состояния здоровья и также, когда личные походы к врачу остаются нежелательными во время сезонных заболеваний, поэтому использование дистанционного метода диагностики становится важным. Применение мобильных решений помогает минимизировать вероятность передачи инфекций через прямой контакт. Кроме того, пользователи получают возможность регулярного самоконтроля и мониторинга состояния своей кожи, что позволяет им своевременно реагировать на возможные отклонения и предотвращать прогрессирование заболеваний.

Однако несмотря на все вышеперечисленное, важно понимать, что мобильное приложение не заменяет профессиональную консультацию. При подозрении на серьёзные патологии настоятельно рекомендуется обратиться к квалифицированному специалисту для окончательного подтверждения диагноза и назначения необходимого лечения.

Для понимания работы мобильного приложения для определения заболеваний кожи с использованием лампы Вуда первоначально нужно понимать, что из себя представляет эта лампа и какой принцип ее работы. Лампа Вуда – это устройство, излучающее длинноволновой ультрафиолетовый свет. Она была изобретена в 1903 году американским физиком-экспериментатором Робертом Вудом и названа в его честь «blacklightlampwood». Так называемый «черный свет», исходящий от этой лампы, активно применяется дерматологами и косметологами для диагностики болезней кожи. Невооруженным глазом темно-фиолетовое свечение лампы заметить практически невозможно. Однако, исходящие от нее ультрафиолетовые волны попадают на участки эпидермиса, подверженные разрушительному воздействию грибка или токсичных микроэлементов, те подсвечиваются разными цветами, позволяя специалистам быстро выявить проблемную локацию [5]. Лампа состоит из ртутной газоразрядной лампы, покрытой специальным фильтром, который пропускает только длинноволновой ультрафиолетовый свет. Этот фильтр обычно изготавливается из стекла Вуда, содержащего оксиды никеля и кобальта, что позволяет блокировать большую часть видимого спектра и коротковолнового УФ-излучения.

Выяснив, что представляет из себя лампа Вуда, можно переходить непосредственно к тому, как работает само мобильное приложение. Мобильное приложение разработано на платформе React Native с использованием языка программирования Java Script. Комбинация React Native и Java Script предлагает широкий спектр возможностей для разработки мобильных приложений, объединяя в себе легкость освоения, кроссплатформенность, богатую экосистему и высокую производительность. Это делает данную технологию идеальным выбором для создания качественных и функциональных мобильных приложений, которые смогут удовлетворить потребности как разработчиков, так и конечных пользователей. Все начинается с того, когда пользователь запускает мобильное приложение, переходя на соответствующий экран, где по нажатию на кнопку предоставляется возможность загрузить изображение с галереи смартфона участка кожи, освещённого ультрафиолетовой лампой. На этом этапе приложение получает изображение в формате RGB, где каждый пиксель представлен тремя числами, соответствующими интенсивности каждого из этих цветов. На следующем этапе изображение преобразуется из формата RGB в формат HSV (оттенок-насыщенность-значение). Преимущество формата HSV состоит в том, что эта модель разделяет информацию о цвете (оттенок), чистоте цвета (насыщенность) и общей освещённости (яркость). Это разделение помогает нейросети легче интерпретировать и классифицировать цвета. Оттенок (Hue) отражает конкретный цвет, который виден на изображении. В данном случае, разные заболевания кожи могут проявляться разными цветами в ультрафиолете, поэтому оттенок является ключевым параметром для диагностики. Насыщенность (saturation) указывает на интенсивность цвета, чем выше насыщенность, тем чище и ярче цвет. Это помогает отличать яркие проявления заболеваний от слабовыраженных. Значение (value) показывает уровень освещённости, хотя этот параметр важен для общих задач обработки изображений, в нашем случае он может быть менее значимым, так как освещение контролируется ультрафиолетовой лампой.

Перед тем как мобильное приложение сможет точно определять заболевания кожи, нейросеть должна пройти этап обучения. Для этого используется набор размеченных изображений участков кожи с известными диагнозами. Каждый такой пример содержит изображение и соответствующий ему диагноз, например, грибковая инфекция или эритразма. Обучение необходимо для данных целей:

- автоматического распознавания заболеваний кожи, а именно, что нейросеть способна анализировать изображения кожи путем ее обучения на большом количестве размеченных изображений, где каждому типу заболевания соответствуют определенные характеристики цвета и текстуры;

- повышения точности диагностики, так как чем больше данных использует нейросеть для обучения, тем точнее становятся её прогнозы. Обученная нейросеть может выделять тонкие различия в оттенках и структурах, которые сложно уловить человеческому глазу, что увеличивает точность диагностики;

- уменьшения влияния человеческого фактора, так как автоматизированная система диагностики устраняет субъективность человеческого восприятия. Врач или пользователь

приложения может полагаться на объективные выводы нейросети, что снижает вероятность ошибок, вызванных усталостью, недостатком опыта или другими факторами.;

– постоянного улучшения системы по мере накопления новых данных и использования обратной связи от пользователей, нейросеть может продолжать учиться и адаптироваться, улучшая свои способности к распознаванию новых случаев и типов заболеваний.

Обучение нейросети происходит путем преобразования цветового формата изображений RGB в формат HSV. Нейросеть анализирует каждый пиксель изображения, оценивая его оттенок, насыщенность и яркость. На основе ранее полученных знаний нейросеть пытается определить, какому заболеванию соответствует данный цвет и текстура. Результат определения заболевания выводится пользователю в виде диагноза. По мере обучения нейросеть улучшает свою способность правильно классифицировать новые изображения. Процесс преобразования цветового формата RGB в формат HSV представлен в виде следующего алгоритма (рисунок 1).

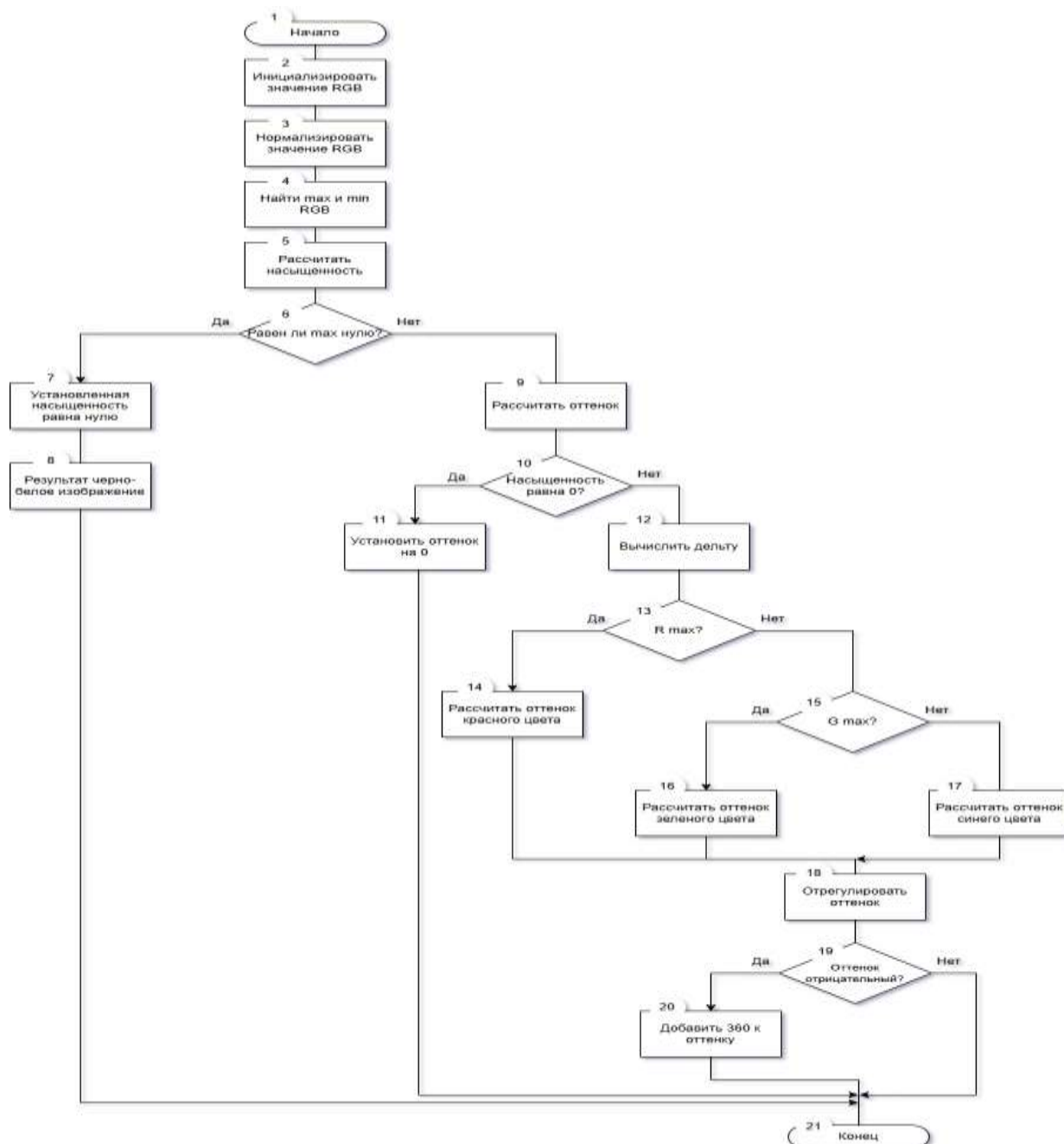


Рисунок 1 – Преобразование RGB в HSV

Как было выше упомянуто, что нейросеть обучается на основе моделей в данном контексте по цветовым диапазонам, то каждому оттенку цвета присваивается min и max значение и, соответственно, диапазон между ними. Каждое заболевание кожи имеет свой цвет свечения при использовании лампы Вуда: 1) светло-синий цвет: свидетельствует о нормальной здоровой коже пациента; 2) зеленый цвет: символизирует о наличии грибковых заболеваний; 3) белый цвет: наличие воспаленных тканей у пациента; 4) молочно-белый цвет: витилиго; 5) снежно-белый цвет:

заболевание – красная волчанка; 6) тускло-желтый цвет кожи: заболевание – разноцветный лишай; 7) желто-зеленый цвет: микроспория; 8) кораллово-красный цвет: диагноз – эритразма; 9) бледно-серебристый цвет: симптомы заболевания Фавуса; 10) оранжево-красный цвет свечение: вульгарные угри [6].

Исходный код мобильного приложения написан на языке программирования Python с использованием библиотеки OpenCV. OpenCV (Open Source Computer Vision Library) – библиотека программного обеспечения для компьютерного зрения и машинного обучения с открытым исходным кодом. Open CV был создан для обеспечения общей инфраструктуры для приложений компьютерного зрения и ускорения использования машинного обучения [7]. Для обучения данной модели также использовалась библиотека OpenCV для сопоставления оттенков свечения с конкретными заболеваниями. Исходный код приложения представлен в листинге 1.

Листинг 1 – Исходный код приложения

```
import cv2
import numpy as np
from sklearn.preprocessing import normalize
# Цвета в формате HSV с диапазонами
colors = {
    "светло-синий": {"min": [195, 50, 50], "max": [225, 100, 100]},
    # Нормальная кожа
    "зеленый": {"min": [55, 50, 50], "max": [75, 100, 100]},
    # Грибковые заболевания
    "белый": {"min": [0, 0, 90], "max": [360, 20, 100]},
    # Воспалительные ткани
    "молочно-белый": {"min": [0, 0, 80], "max": [30, 50, 100]},
    # Витилиго
    "снежно-белый": {"min": [0, 0, 90], "max": [30, 20, 100]},
    # Красная волчанка
    "тускло-желтый": {"min": [26, 50, 50], "max": [33, 100, 100]},
    # Разноцветные лишай
    "желто-зеленый": {"min": [77, 50, 50], "max": [99, 100, 100]},
    # Микроспория
    "кораллово-красный": {"min": [359, 25, 66], "max": [359, 67, 73]},
    # Эритразма
    "бледно-серебристый": {"min": [0, 0, 60], "max": [360, 16, 83]},
    # Фавус
    "оранжево-красный": {"min": [15, 40, 75], "max": [15, 100, 100]}
}
def is_in_range(hsv_color, color_range):
    return all(hsv_color[i] >= color_range["min"][i] and hsv_color[i] <=
color_range["max"][i] for i in range(3))

def classify_color(hsv_color):
    for name, color_range in colors.items():
        if is_in_range(hsv_color, color_range):
            return name
    return "Неизвестное"
def analyze_image(hsv):
    height, width, _ = hsv.shape
    result = np.zeros((height, width), dtype=object)

    for y in range(height):
        for x in range(width):
            pixel_hsv = hsv[y, x]
            classified_color = classify_color(pixel_hsv)
            result[y, x] = classified_color
    return result

def save_result(result, output_path):
    with open(output_path, 'w') as f:
        for row in result:
            f.write(" ".join(row) + "\n")
```

```
def main(input_path, output_path):
    # Загружаем изображение
    image = cv2.imread(input_path)
    # Преобразование в формат HSV
    hsv = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2HSV)
    # Анализируем изображение
    result = analyze_image(hsv)
    # Сохраняем результат
    save_result(result, output_path)

if __name__ == "__main__":
    input_path = 'path_to_your_input_image.jpg'
    output_path = 'output.txt'
    main(input_path, output_path)
```

Заключение. В заключение следует отметить высокую эффективность применения современных технологий, таких как мобильные приложения с использованием нейросетевых моделей и преобразований цветовых форматов, для диагностики кожных заболеваний. Преобразование изображений из формата RGB в HSV позволяет нейросетям эффективнее обрабатывать информацию, учитывая ключевые параметры цвета, такие как оттенок, насыщенность и яркость. Это значительно повышает точность распознавания различных заболеваний, что подтверждается результатами исследований и практическим применением подобных систем. Использование лампы Вуда в дерматологической практике позволяет определять заболевания кожи, которые незаметны невооруженному глазу, что делает её незаменимым инструментом для диагностики. На данном этапе мобильное приложение еще не распознает все кожные заболевания, поэтому будет дорабатываться, чтобы можно было определять большинство кожных заболеваний. Доработки планируются проводиться по концепту разработки самого приложения, а также с добавлением базы данных с примерами заболеваний кожи, а не только посредством использования спектрального анализа изображения. Таким образом, сочетание инновационных цифровых решений и проверенных временем медицинских инструментов открывает новые горизонты в области диагностики и лечения кожных заболеваний.

Список использованных источников:

- 1.Зайченко К.В., Гуревич Б.С. Многоспектральная обработка изображений биологических объектов с помощью акустооптических устройств // Биомедицинская радиоэлектроника. 2013. № 9. С. 70–76.
- 2.Zaichenko K.V., Gurevich B.S. Application of acousto-optic tunable filters in the devices of skin cancer diagnostics // Proceedings of SPIE. 2020. V. 11585. P. 11585OK. <https://doi.org/10.1117/12.2581750>.
- 3.Zaichenko K.V., Gurevich B.S. Spectral selection using acousto-optic tunable filters for the skin lesions diagnostics // Proceedings of SPIE. 2021. V. 11922. P. 119221C. <https://doi.org/10.1117/12.2615808>.
- 4.Zaichenko K.V., Gurevich B.S. Skin lesions diagnostics by means of multispectral acousto-optic image processing with complexing by x-ray image data // AIP Conference Proceedings. 2020. V. 2250. P. 020033. <https://doi.org/10.1063/5.0013186>.
- 5.Что такое лампа Вуда и как она работает [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.medkv.ru/chto-takoe-lampa-vuda-i-kak-ona-rabotaet.html>.
- 6.Осмотр лампой «Вуда» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doktorstolet.ru/articles/dermatologiya/diagnostika-lampy-vuda/>.
- 7.About - OpenCV [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://opencv.org/about/>.

UDC 004.93

A MOBILE APPLICATION FOR DETECTING SKIN DISEASES USING WOOD'S LAMP

Lazareva Yu.A., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Skudnyakov Yu.A. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Sitsko V.A. – Master of Engineering Sciences, Senior Lecturer

Annotation. A mobile application that helps diagnose skin diseases using Wood's lamp. It is based on the React Native platform with OpenCV integration, which allows you to identify skin diseases from photographs taken in the light of a UV lamp. The application provides diagnostic capabilities through the use of computer vision algorithms.

Keywords. Mobile application, React Native platform, Python, OpenCV, neural networks, cross-platform.

УДК 621.396

ГРАФОВЫЕ И АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ МОДЕЛИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННОГО СРЕДСТВА

Малолеткин А.Б., магистрант

Белорусская государственная академия связи, г. Минск, Республика Беларусь

Скудняков Ю.А. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. В работе осуществлена разработка графовых и алгоритмической моделей проектирования электронных средств. Выполнены этапы функционального и схемотехнического проектирования, в ходе которых получена функционально-логическая база, разработана принципиальная электрическая схема электронного средства.

Ключевые слова. Графовая и алгоритмическая модели, функциональная и принципиальная электрическая схемы, размещение элементов, электронное средство, матрица связности.

Введение. При конструкторском проектировании электронных средств решаются задачи, связанные с поиском наилучшего варианта конструкции, удовлетворяющего требованиям технического задания и максимально учитывающего возможности технологической базы производства. Одной из основных задач синтеза конструкций является задача размещения элементов коммутационной схемы на заданном монтажном поле [1, 2]. Размещение элементов электрической схемы – это задача определения их местоположения на монтажном поле в конструктивном модуле такого, при котором создаются наилучшие условия для решения последующей задачи трассировки соединений с учетом конструктивно-технологических требований и ограничений. Среди существующих алгоритмов размещения группа последовательных алгоритмов в наибольшей степени имитирует действия инженера-проектировщика, рассчитывая при этом локальный критерий оптимальности. Нахождения критерия оптимальности осуществляется с помощью графов. Граф позволяет найти целевую функцию минимизации, которая удовлетворяет локальному критерию оптимальности. В данной работе для осуществления размещения элементов электронного средства на монтажной плоскости в качестве исходной информации используется спроектированная принципиальная электрическая схема электронного устройства.

Основная часть. Цель работы состоит в разработке и практическом применении графовых и алгоритмической моделей для эффективного размещения элементов электронного средства на печатной плате и нахождения целевой функции минимизации [1-6]. Для достижения указанной цели в работе решаются следующие задачи: 1) выбор функциональной схемы; 2) осуществление этапов функционального и схемотехнического проектирования, в ходе которых выбирается функционально-логическая база, разрабатывается принципиальная электрическая схема изделия электронной техники в целом и его составных частей, оптимизируются характеристики и параметры устройства; 3) проведение конструкторского проектирования, в рамках которого решаются задачи топологического синтеза конструкции создаваемого электронного изделия (разрабатываются графовые и алгоритмическая модели процессов компоновки, размещения элементов проектируемого электронного устройства. Задача сводится к отысканию для каждого размещаемого элемента таких позиций, при которых оптимизируется выбранный показатель качества L , и обеспечиваются наиболее благоприятные условия для последующего электрического монтажа. Универсальным критерием оптимизации как при размещении элементов, так и при трассировке соединений между элементами электрической схемы является минимум суммарной длины соединений:

$$L(P) = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n r_{ij} \times dp(i)p(j) \rightarrow \min$$

В том случае, если в качестве критерия размещения множества элементов схемы $E=\{e_1, e_2, \dots, e_n\}$ в множество фиксированных позиций $P = \{P_1, P_2, \dots, P_n\}$ использовать минимум суммарной взвешенной длины соединений, необходимо сформировать матрицу связности $R = \| r_{ij} \|_{n \times n}$ и матрицу расстояний между элементами схемы $D = \| d_{ij} \|_{n \times n}$, где n – количество размещаемых элементов электронного модуля. В общем случае расстояние между элементами e_i и e_j схемы вычисляется по формуле: $d_{ij} = ((x_i - x_j)^k + (y_i - y_j)^k)^{1/k}$.

На первом этапе схемотехнического проектирования выбирается элементная база. Электронный модуль (см. рисунок 1) содержит 16 элементов 2И-НЕ и 16 элементов 3И-НЕ. Для реализации данного устройства будем использовать следующие микросхемы (выбираются по справочной литературе):

- К561ЛА7 – содержит 4 элемента 2И-НЕ в одном корпусе;
- К561ЛА9 – содержит 3 элемента 3И-НЕ в одном корпусе.

Для примера выберем функциональную схему следующего вида – рисунок 1.

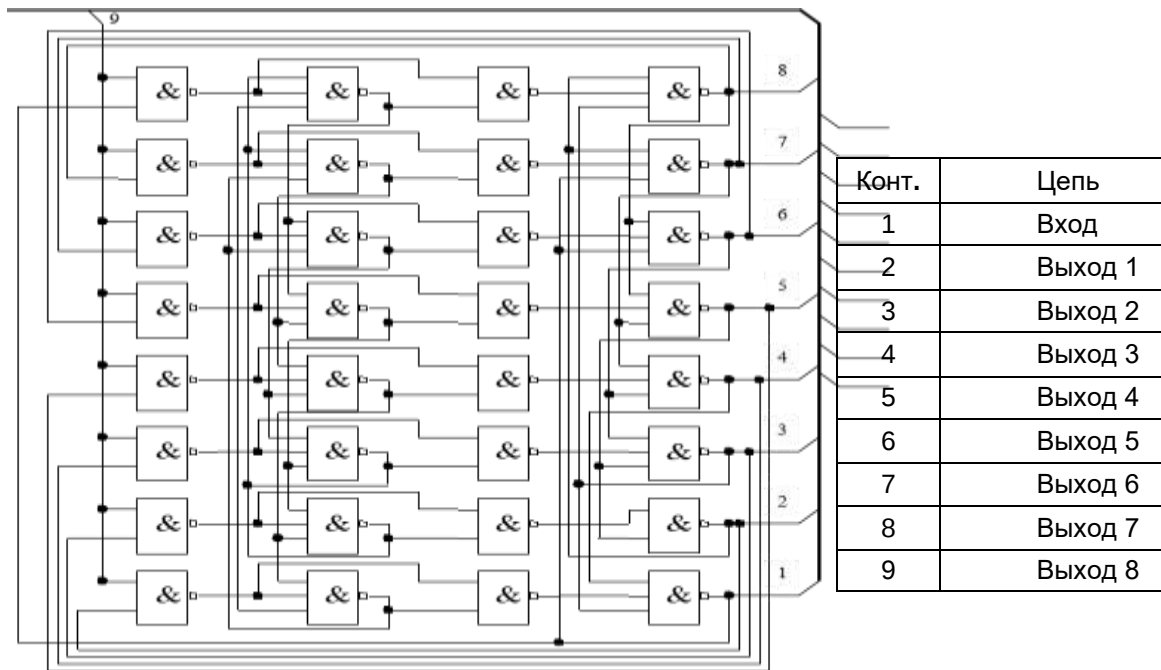


Рисунок 1 – Схема электрическая функциональная электронного модуля

В качестве примера для распределения восьми элементов ЗИ-НЕ по корпусам микросхем К561ЛА9 убираем часть схемы электрической функциональной электронного модуля, содержащую только группу элементов ЗИ-НЕ, и строим соответствующий ей граф (рисунок 2).

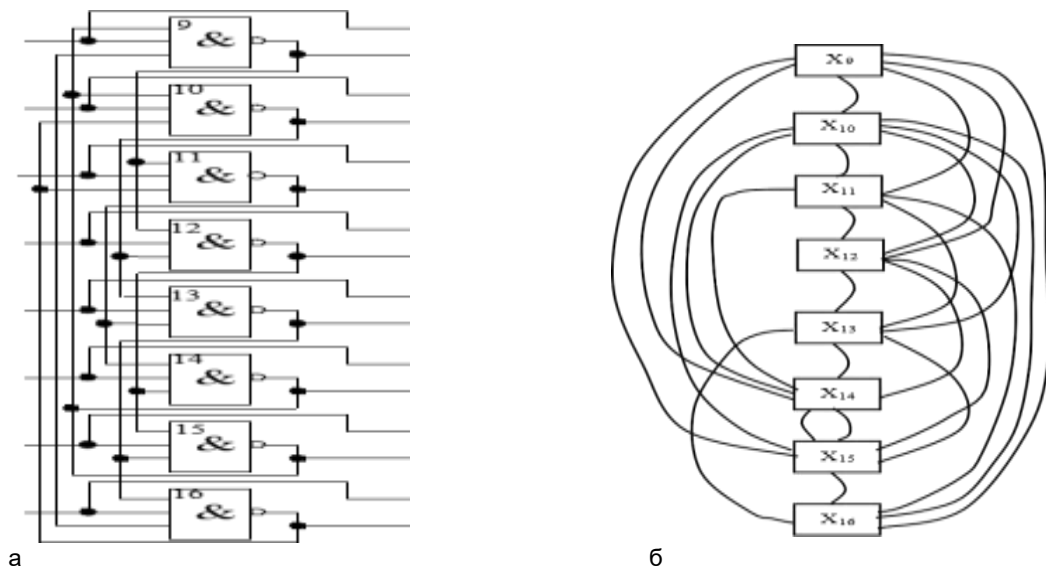


Рисунок 2 – Часть схемы электрической функциональной электронного модуля (а) и соответствующий ей граф (б)

Сначала рассмотрим этап схмотехнического проектирования электронного устройства. В качестве вершин графа X_i выбираются отдельные модули ЗИ-НЕ с соответствующими номерами. При составлении графа связности внешние связи не учитывались, так как они сопрягаются с блоками другого типа (2И-НЕ).

Распределим по корпусам элементы X_9 – X_{16} . Для этого определяем локальные степени вершин: $\rho(X_9) = 6$, $\rho(X_{10}) = 7$, $\rho(X_{11}) = 6$, $\rho(X_{12}) = 6$, $\rho(X_{13}) = 6$, $\rho(X_{14}) = 7$, $\rho(X_{15}) = 7$, $\rho(X_{16}) = 5$.

Принимаем за базовую вершину с большей локальной степенью. Для данного примера выбрали X_{14} . Вершина X_{14} и смежные с ней X_9 , X_{10} , X_{11} , X_{12} , X_{13} , X_{15} , X_{16} образуют подграф $G(X_{14}) = \{X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{15}, X_{16}\}$. Для каждой из этих вершин рассчитываем значение функционала:

$$L_i = a_i - \rho_i,$$

где a_i – общее число связей проверяемой вершины; ρ_i – число связей проверяемой вершины с базовой: $L_9 = 6 - 1 = 5$; $L_{10} = 7 - 1 = 6$; $L_{11} = 6 - 1 = 5$; $L_{12} = 6 - 1 = 5$; $L_{13} = 6 - 1 = 5$; $L_{15} = 7 - 2 = 5$; $L_{16} = 5 - 0 = 5$.

Выбираем вершину с минимальным значением функционала (для данного примера выбрали вершину с максимальным a_i – X_{15}) и производим факторизацию вершин X_{14} и X_{15} . В результате

получаем новый граф, приведенный на рисунке 3.

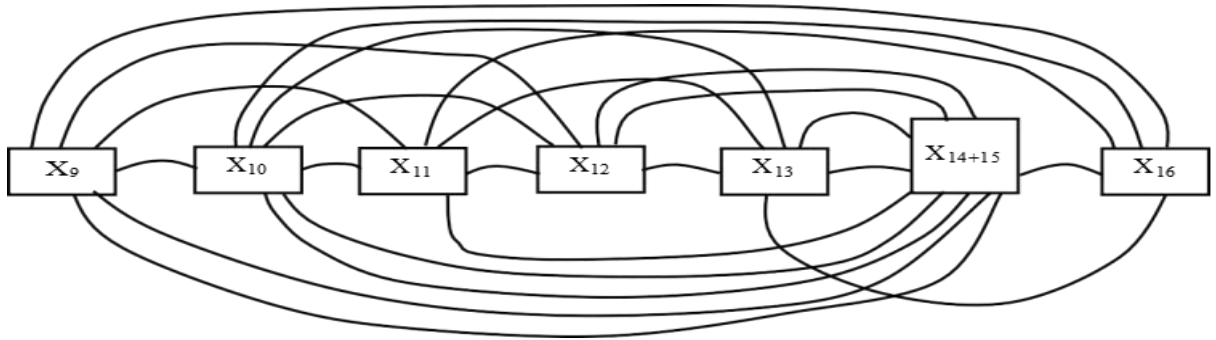


Рисунок 3 – Граф смежности части электронного модуля после первой итерации

Определяем локальные степени вершин:

$$\rho(X_9) = 6; \rho(X_{10}) = 7; \rho(X_{11}) = 6; \rho(X_{12}) = 6; \rho(X_{13}) = 6, \rho(X_{14+15}) = 10; \rho(X_{16}) = 5.$$

Принимаем за базовую вершину с большей локальной степенью X_{14+15} .

Вершина X_{14+15} и смежные с ней $X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{16}$ образуют подграф

$$G(X_{14+15}) = \{X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{16}\}.$$

Для каждой из этих вершин рассчитываем значение функционала: $L_9 = 6 - 2 = 4$; $L_{10} = 7 - 2 = 5$; $L_{11} = 6 - 2 = 4$; $L_{12} = 6 - 2 = 4$; $L_{13} = 6 - 2 = 4$; $L_{16} = 5 - 1 = 4$.

Выбираем вершину с минимальным значением функционала X_9 и производим факторизацию вершин X_{14}, X_{15} и X_9 . Так как в микросхему K561ЛА9 входит три секции 2И-НЕ, то элементы 9, 14 и 15 объединяем в один корпус и исключаем их из рассматриваемого графа (рисунок 4).

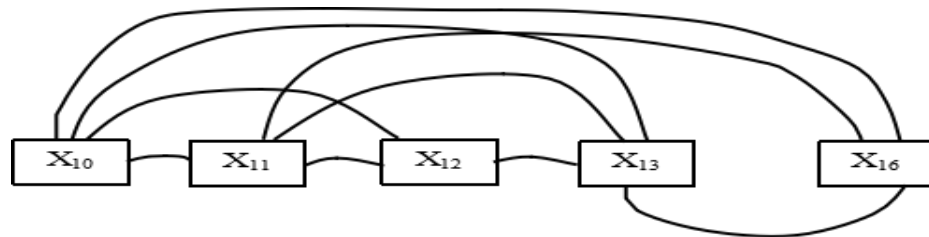


Рисунок 4 – Граф связности части электронного модуля после второй итерации

Определяем локальные степени вершин: $\rho(X_{10}) = 4$; $\rho(X_{11}) = 4$; $\rho(X_{12}) = 3$; $\rho(X_{13}) = 4$; $\rho(X_{16}) = 3$.

Принимаем за базовую вершину с большей локальной степенью (например, X_{13}). Вершина X_{13} и смежные с ней $X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{16}$ образуют подграф $G(X_{13}) = \{X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{16}\}$. Для каждой из этих вершин рассчитываем значение функционала: $L_{10} = 4 - 1 = 3$; $L_{11} = 4 - 1 = 3$; $L_{12} = 3 - 1 = 2$; $L_{16} = 3 - 1 = 2$. Выбираем вершину с минимальным значением функционала (например, X_{12}) и производим факторизацию вершин X_{12} и X_{13} . В результате получаем новый граф, приведенный на рисунке 5.

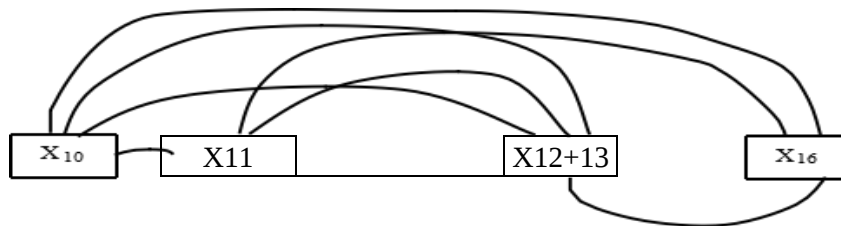


Рисунок 5 – Граф связности части электронного модуля после третьей итерации

Определяем локальные степени вершин: $\rho(X_{10}) = 4$; $\rho(X_{11}) = 4$; $\rho(X_{12+13}) = 5$; $\rho(X_{16}) = 3$.

Принимаем за базовую вершину с большей локальной степенью X_{12+13} . Вершина X_{12+13} и смежные с ней X_{10}, X_{11}, X_{16} образуют подграф $G(X_{12+13}) = \{X_{10}, X_{11}, X_{16}\}$.

Для каждой из этих вершин рассчитываем значение функционала: $L_{10} = 4 - 2 = 2$; $L_{11} = 4 - 2 = 2$; $L_{16} = 3 - 1 = 2$. Выбираем вершину с минимальным значением функционала (при равенстве функционалов выбираем вершину, например, X_{10}) и производим факторизацию вершин X_{10}, X_{12} и X_{13} . Элементы X_{10}, X_{12} и X_{13} объединяем в один корпус. Оставшиеся элементы X_{11} и X_{16} также объединяем в один корпус.

Аналогичным образом производится размещение остальных элементов по корпусам микросхем.

В результате получаем схему принципиальную электрическую электронного модуля (рисунок 6).

Для оформления схемы по действующим стандартам необходимо соответствующим образом перенумеровать позиционные обозначения элементов.

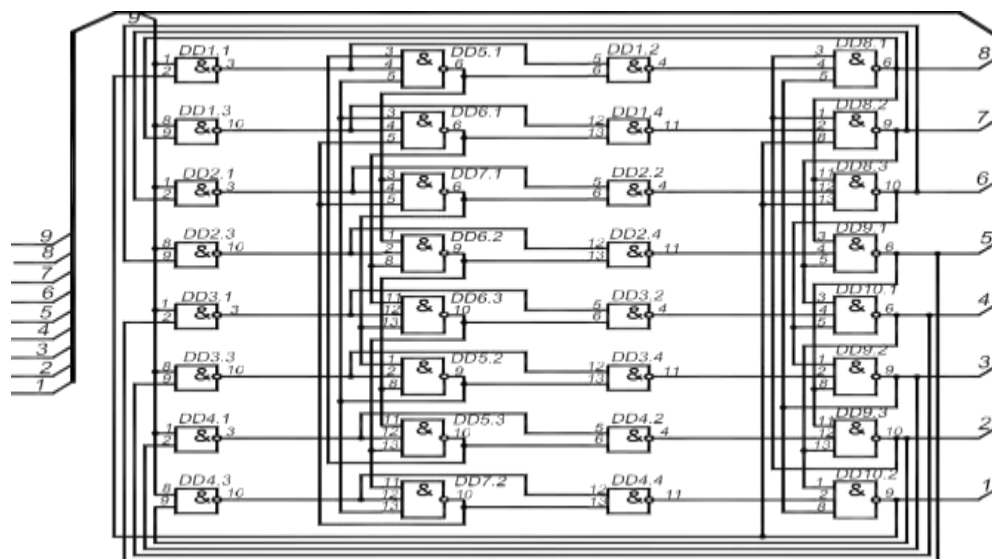


Рисунок 6 – Схема электрическая принципиальная электронного модуля

Решение задачи размещения. Для построения конструкции электронного модуля используется итерационный алгоритм размещения его элементов в монтажной плоскости с использованием графовой модели связности, в качестве вершин которой являются корпуса микросхем, а в качестве ребер – электрические связи между ними. На рисунке 7 представлена часть графовой модели, описывающей схему электронного модуля.

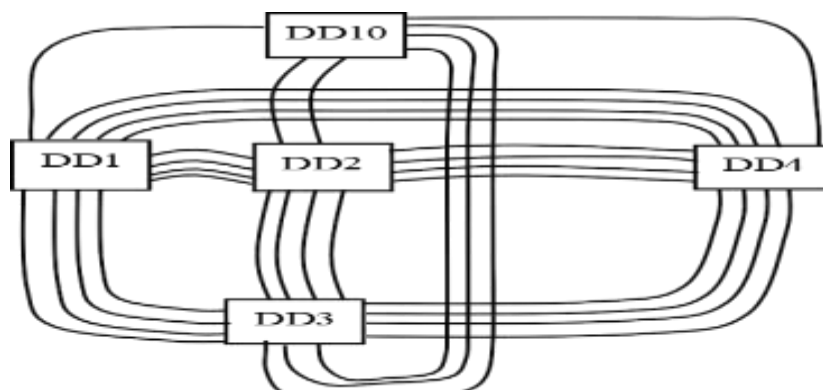


Рисунок 7 – Часть графа смежности электронного модуля

По построенному графу (см. рисунок 7) составляем матрицу связности R для электронного модуля:

	DD1	DD2	DD3	DD4	DD5	DD6	DD7	DD8	DD9	DD10	XS1	Σa_{ij}
DD1	0	4	4	4	3	5	0	6	1	1	4	32
DD2	4	0	4	4	3	3	2	3	3	2	4	32
DD3	4	4	0	4	3	3	2	0	5	3	4	32
DD4	4	4	4	0	3	1	3	0	3	1	4	27
DD5	3	3	3	3	0	2	4	0	0	0	0	18
DD6	5	3	3	1	2	0	3	0	0	0	0	15
DD7	0	2	2	3	4	3	0	0	0	0	0	14
DD8	6	3	0	0	0	0	0	0	5	3	4	21
DD9	1	3	5	3	0	0	0	5	0	4	7	28
DD10	1	2	3	1	0	0	0	3	4	0	5	19
XS1	4	4	4	4	0	0	0	4	7	5	0	32

Определяем суммарную величину связей каждого элемента конструкции с остальными, для чего в матрице связности R произведем построчное сложение ее элементов a_{ij} и вычислим соответственно суммы Σa_{ij} . Составляем модель монтажного пространства в виде печатной платы с 13 ячейками для размещения элементов электронного модуля (рисунок 8).

10	11	12	13
6	7	8	9
2	3	4	5
1			

Рисунок 8 – Модель монтажного пространства электронного модуля

В качестве элемента, который будет фиксировано устанавливаться в ячейку 1 монтажного поля печатной платы, выбираем розетку XS1 и рассчитываем коэффициенты относительно взвешенной связности для всех оставшихся элементов: $\Phi_i = \sum a_{ij} / V_i$, где a_{ij} – количество связей между проверяемым элементом и ранее установленными (из матрицы связности R); V_i – общее количество связей проверяемого элемента. На второй итерации размещаем элемент с максимальным значением Φ_i , т.е. элемент DD10. Рассчитываем приращение целевой функции для незанятых ячеек монтажной плоскости печатной платы:

$$\Delta Fi = a_{ij} \times r_{ij},$$

где r_{ij} – расстояние между ячейками.

Размещаем элемент DD10 во 2-ю ячейку. В результате выполнения третьей итерации размещаем элемент DD9 в 3-ю ячейку, далее элемент DD8 в ячейку 4, элемент DD1 в ячейку 5, так как он имеет максимальное количество связей с элементом DD8 и т.д. После размещения всех элементов модель монтажного поля печатной платы электронного блока будет выглядеть следующим образом (рисунок 9).

10	DD7 ₁₁	DD6 ₁₂	DD5 ₁₃
6	DD3 ₇	DD2 ₈	DD4 ₉
DD10 ₂	DD9 ₃	DD8 ₄	DD1 ₅
XS1 ₁			

Рисунок 9 – Схема размещения элементов электронного модуля на печатную плату

Таким образом, по заданной функциональной схеме (см. рисунок 1) спроектирована схема электрическая принципиальная электронного модуля (см. рисунок 6) и выполнено размещение элементов схемы на печатной плате электронного устройства.

Заключение. Для осуществления схемотехнического и конструкторского проектирования электронного средства в данной работе разработаны графовая и итерационная алгоритмическая модели, использование которых позволяет автоматизировать процесс создания современных электронных средств различного уровня сложности.

Список использованных источников:

1. Морозов, К.К. Автоматизированное проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры: учеб. пособие для вузов / К.К. Морозов, В.Г. Одинокое, В.М. Курейчик. – М.: Радио и связь, 1983. – 280 с.
2. Зыков, А.Г. Алгоритмы конструкторского проектирования ЭВМ / А.Г. Зыков, В.И. Поляков. – СПб: Университет ИТМО, 2014. – 136 с.
3. Иванова, Н.Ю. Технология проектирования печатных плат в САПР P-CAD-2006 / Н.Ю. Иванова, А.С. Петров, В.И. Поляков, Е.Б. Романова. – СПб: СПбГУ ИТМО, 2009 - 168 с.
4. Омельченко, А. В. Теория графов / А.В. Омельченко. – М.: МЦНМО, 2018. – 416 с.
5. Емеличев, В. А. Лекции по теории графов. / В. А. Емеличев, О. И. Мельников, В. И. Сарванов, Р. И. Тышкевич. – М.: УРСС, 2009. -392 с.
6. Зыков, А.А. Основы теории графов / А.А. Зыков. – М.: Вузовская книга, 2004. - 664 с.

UDC 621.396

GRAPH AND ALGORITHMIC MODELS OF ELECTRONIC EQUIPMENT DESIGN

Maloletkin A.B., master's student

Belarusian State Academy of Communications, Minsk, Republic of Belarus

Skudnyakov Yu.A. – Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor

Annotation. The paper develops graph and algorithmic models for designing electronic devices. The stages of functional and circuit design have been completed, during which a functional and logical base has been obtained, and a basic electrical circuit of an electronic device has been developed.

Keywords. Graph and algorithmic models, functional and schematic electrical circuits, placement of elements, electronic means, connectivity matrix.

УДК 004.896+316.6

МЕТОД ВЫЯВЛЕНИЕ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО КОНТЕКСТА ФРАГМЕНТОВ ТЕКСТА

Павлюченко К.А., магистрант гр.356301

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Парамонов А.И. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. Представлен метод анализа эмоционального контекста текста, ориентированный на устранение недостатков существующих подходов к определению тональности. Предложено использование каскадной модели, состоящей из основного классификатора эмоций, анализатора эмпатии, детектора сарказма, контекстного анализатора и механизма консолидации. Модель основана на трансформере (RoBERTa или DistilBert), дополненном специальными модулями для распознавания тонких элементов эмоционального выражения. Экспериментально доказано значительное повышение точности анализа, особенно для коротких форматов общения (социальные сети, мессенджеры), содержащих эмоционально нагруженные элементы. Метод демонстрирует рост эффективности по сравнению с базовыми решениями, обеспечивая точное определение эмоционального состояния даже в сложных ситуациях.

Ключевые слова. Анализ эмоционального контекста, анализ тональности, сентимент-анализ, машинное обучение, трансформеры, эмпатия, сарказм, обработка естественного языка.

Введение.

Проблема анализа эмоций, передаваемых в тексте, становится одной из приоритетных задач в области автоматической обработки текста и востребована во многих отраслях. Особенно значима эта проблема в таких сферах, как маркетинг, социальные медиа и психология, где понимание эмоций способствует улучшению пользовательского опыта, повышению качества обслуживания и более точному прогнозированию поведения аудитории. Кроме того, все чаще про автоматическую обработку текста с целью выявления эмоций сообщений в социальных сетях говорят в контексте выявления фейковой информации и манипуляцией сознания [1].

Существующие методы анализа тональности зачастую не учитывают нюансы эмоционального выражения, такие как сарказм, использование эмпатии и культурный контекст. В данной статье представлен метод анализа эмоционального контекста, который направлен на решение этих вопросов.

Предлагается подход на основе многослойной обработки текстов, которая включает следующие компоненты (уровни): основной базовый классификатор эмоций; анализатор эмпатии; детектор сарказма; анализатор контекста и механизм консолидации. Каждый компонент учитывает определенный аспект сентимент анализа и вносит свой вклад в формирование итогового результата. Взаимодействие компонентов организовано по принципу последовательной модификации базового вектора эмоций с учетом дополнительных факторов, обнаруженных на каждом этапе анализа.

Основная часть.

В основе метода лежит трансформерная модель, базирующаяся на современной архитектуре энкодера (RoBERTa или DistilBert) [2, 3], специально адаптированная и дополнительно обученная для задачи распознавания эмоций в текстах. Выбор трансформерной модели обусловлен ее уже зарекомендовавшей себя эффективностью в задачах обработки естественного языка, когда требуется глубокое понимание контекста и семантики. Такие модели демонстрируют особую результативность при анализе текстов разной длины и структуры. Это критически важно для обработки текстов в цифровой коммуникации – сообщений, которые могут варьироваться от коротких реплик до развернутых высказываний.

Модель обучена распознавать семь эмоциональных состояний: шесть базовых и нейтральное. К положительным эмоциям отнесены восхищение, доверие и принятие. К отрицательным – печаль, гнев и отвращение. Нейтральное состояние маркирует отсутствие выраженной эмоциональной окраски. Процесс классификации для каждого анализируемого текста проходит несколько этапов. Сначала модель разбивает текст на токены с учетом особенностей языка, применяя специализированный токенизатор, способный корректно обрабатывать морфологические особенности анализируемого языка. Затем токены трансформируются в семантические представления, которые отражают их значение и позицию в контексте. На следующем этапе модель анализирует контекстные связи между элементами текста, используя механизм многоголового самовнимания для выявления значимых взаимодействий между различными частями текста. В результате формируется скрытое представление текста, которое отражает его эмоциональную составляющую и учитывает всю совокупность контекстуальных связей. Наконец, это скрытое представление проецируется на выходной слой, генерируя вектор вероятностей эмоций.

При разработке и обучении классификатора учитывались несколько важных особенностей. Для компенсации неравномерного распределения эмоций в обучающих данных применяются взвешенные

функции потерь, которые придают больший вес недопредставленным классам. Для предотвращения переобучения и улучшения генерализации применяются методы регуляризации, такие как dropout и weight decay, которые ограничивают сложность модели. Выходные вероятности корректируются для обеспечения надежной оценки уверенности модели, что особенно важно для последующей интеграции результатов с другими компонентами системы.

При оценке качества классификатора используется комплекс метрик, обеспечивающих всестороннюю характеристику его производительности. Общая точность отражает долю корректно классифицированных текстов среди всех анализируемых примеров. F1-мера для каждой категории эмоций позволяет оценить баланс между точностью и полнотой классификации, что особенно важно в условиях неравномерного распределения классов. Матрица ошибок помогает выявить проблемные классы, между которыми чаще всего происходит смешение, и скорректировать модель соответствующим образом. Для оценки качества вероятностных прогнозов и способности модели разделять различные классы используется ROC-AUC [4]. Итоговый вектор вероятностей эмоций, полученный классификатором, служит базовым уровнем анализа, который затем модифицируется другими компонентами системы с учетом дополнительных факторов.

Вектор, полученный базовым классификатором, далее модифицируется с использованием компонента анализатора эмодзи. Анализатор эмодзи представляет собой специализированный компонент системы, направленный на извлечение дополнительной эмоциональной информации из используемых в тексте символов эмодзи. После выделения эмодзи происходит их классификация по эмоциональной окраске. Каждый символ эмодзи сопоставляется с заранее определенным словарем, где каждому символу присвоена определенная эмоциональная категория - положительная или отрицательная. На основе выделенных эмодзи и их классификации рассчитывается общий эмоциональный вклад эмодзи в контекст сообщения. Этот показатель учитывает не только количество положительных и отрицательных эмодзи, но и их относительную эмоциональную силу, позицию в тексте и взаимодействие с окружающими текстовыми элементами. Результатом работы анализатора является численная оценка эмоционального влияния эмодзи, которая в дальнейшем используется для корректировки базового вектора эмоций, полученного основным классификатором.

Следующим компонентом является детектор сарказма. Детектор сарказма представляет собой специализированный компонент системы, предназначенный для выявления саркастических высказываний, которые могут существенно менять эмоциональный контекст сообщения. Сарказм, как форма иронии, характеризуется противоречием между буквальным и подразумеваемым смыслом высказывания, что делает его распознавание сложной задачей для автоматического анализа. Разработанный детектор основывается на распознавании характерных лингвистических паттернов, типичных для саркастических высказываний. Один из ключевых признаков сарказма – это конфликт между словами с негативной коннотацией и положительными эмодзи. Например, фраза *"Какой замечательный день"* сопровождаемая эмодзи плача или злости, с высокой вероятностью является саркастической. Детектор выявляет такие несоответствия, анализируя лексический состав текста и сопоставляя его с эмоциональной окраской используемых эмодзи. Другим важным признаком сарказма является использование определенных маркеров – особых фраз и конструкций, часто встречающихся в саркастических высказываниях. К таким маркерам относятся выражения вроде *"ну да, конечно"*, *"как будто"*, *"якобы"*, *"ещё бы"*, сопровождаемые определенной пунктуацией или в определенном контексте. Детектор использует словарь таких маркеров и анализирует их присутствие и контекст использования в тексте. Анализ структуры предложений также играет значительную роль в выявлении сарказма. Характерные признаки включают сочетание вопросительных и восклицательных знаков, использование многоточий, преувеличений, повторений. Например, конструкции типа *"Неужели?!", "Да ладно???", "Вот это дааа..."* часто указывают на саркастический подтекст высказывания.

Все выявленные признаки сарказма объединяются с использованием взвешенной оценки, где вес каждого признака определен на основе его статистической значимости для определения сарказма. Результатом работы детектора является численная оценка вероятности наличия сарказма в тексте, которая в дальнейшем используется для корректировки базового вектора эмоций. При высокой вероятности сарказма происходит инверсия или существенная модификация исходного эмоционального вектора, отражающая истинный эмоциональный подтекст сообщения.

Контекстный анализатор является компонентом системы, который предназначен для анализа и учета широкого спектра контекстуальных факторов, влияющих на эмоциональную окраску текста. Этот компонент дополняет базовую классификацию эмоций, обогащая ее информацией о структурных, лексических и семантических особенностях анализируемого сообщения. Контекстный анализатор начинает работу с рассмотрения общего контекста сообщения, а далее переходит к рассмотрению отдельных предложений и их взаимосвязи. Важным аспектом является выявление логических и эмоциональных связей между предложениями – как они развивают, усиливают или изменяют эмоциональную линию текста.

Особое внимание уделяется выявлению маркеров интенсификации – языковых средств, усиливающих эмоциональную окраску текста. К таким маркерам относятся усилительные наречия (*"очень"*, *"крайне"*, *"невероятно"*), превосходные степени прилагательных, повторы. Контекстный

анализатор идентифицирует эти маркеры и оценивает их влияние на общую эмоциональную насыщенность текста. Не менее важным аспектом является анализ подтверждающих слов и конструкций, усиливающих уверенность в выражаемой эмоции. Такие слова как "несомненно", "безусловно", "точно", "однозначно" указывают на высокую степень уверенности в конкретной эмоции, что повышает надежность определения эмоционального контекста. Результатом работы контекстного анализатора является набор модификаторов, которые применяются к базовому вектору эмоций для его уточнения и обогащения. Эти модификаторы отражают влияние выявленных контекстуальных факторов на эмоциональную окраску текста и способствуют формированию более точной оценки эмоционального контекста сообщения.

На заключительном этапе реализуется механизм консолидации, который обеспечивает обобщение результатов работы всех предыдущих компонент системы в единую общую оценку эмоционального контекста анализируемого текста. Этот механизм реализует сложную логику взвешивания и объединения различных факторов, выявленных на предыдущих этапах анализа.

Первым шагом механизма является взвешенное объединение результатов отдельных компонент. Каждый компонент системы представляет свою оценку эмоционального содержания текста. Эти оценки объединяются с учетом предопределенных весов, отражающих относительную значимость каждого компонента для конкретного типа текста.

Важной особенностью механизма консолидации является динамическая коррекция весов на основе уверенности отдельных классификаторов. Если один из компонентов системы предоставляет результат с высокой степенью уверенности, его вес в итоговой оценке автоматически увеличивается. И наоборот, неуверенные оценки получают меньший вес. Этот подход позволяет системе адаптироваться к различным типам текстов и ситуациям, где определенные компоненты могут быть более или менее надежными. Механизм также включает набор правил корректировки для специфических случаев, требующих особого подхода. Например, при выявлении явного сарказма происходит инверсия эмоционального вектора – положительные эмоции, выраженные буквально, интерпретируются как отрицательные, и наоборот. Другим примером может быть корректировка при выявлении сильного влияния эмодзи на эмоциональную окраску текста, особенно если эмодзи противоречат буквальному содержанию сообщения.

После применения всех корректировок производится нормализация итогового вектора эмоций. Это необходимо для обеспечения совместимости результатов с последующими этапами обработки и для сохранения вероятностной интерпретации компонентов вектора. Нормализация гарантирует, что сумма всех компонент вектора равна единице, что позволяет рассматривать их как вероятности принадлежности текста к соответствующим эмоциональным категориям. Итоговый нормализованный вектор эмоций представляет собой комплексную оценку эмоционального контекста анализируемого текста с учетом всех выявленных факторов и особенностей.

Разработанный метод использует стратегию анализа на нескольких уровнях, от общего глобального анализа всего текста как единого целого до отдельных лексем. На этом уровне оценивается общая эмоциональная окраска сообщения, его тональность, преобладающие эмоциональные категории. Глобальный анализ позволяет получить общую картину эмоционального содержания текста и служит основой для дальнейшей детализации. Следующим уровнем является анализ на уровне отдельных предложений с учетом их индивидуальных особенностей.

Этот подход позволяет выявить эмоциональную динамику внутри текста, обнаружить эмоциональные пики и спады, идентифицировать предложения с контрастирующей эмоциональной окраской. Анализ на уровне предложений особенно важен для длинных текстов, где эмоциональная составляющая может значительно варьироваться от одной части текста к другой.

На первом этапе для каждого отдельного предложения и для текста в целом вычисляется исходный вектор эмоций:

$$E = [a, t, p, g, a, d], \quad (1)$$

где компоненты соответствуют вероятностям различных эмоциональных категорий: восхищение (a), доверие (t), принятие (p), печаль, (g), гнев (a), отвращение (d).

Этот вектор формируется основным классификатором эмоций и отражает базовую эмоциональную окраску текста без учета дополнительных факторов.

На следующем этапе применяется модификация вектора на основе выявленных особенностей:

$$E_m = E_0 \cdot M, \quad (2)$$

где M — матрица модификации, учитывающая влияние сарказма, эмодзи и других факторов, выявленных анализаторами. Эта матрица может усиливать или ослаблять определенные эмоциональные категории в зависимости от контекстуальных особенностей текста.

После модификации производится нормализация вектора:

$$E_n = \frac{E_m}{\sum E_m}. \quad (3)$$

Этот шаг необходим для сохранения вероятностной интерпретации компонент вектора и обеспечения их сопоставимости между различными текстами.

Комбинирование результатов на уровне текста и предложений выполняется на основе взвешенного среднего:

$$E_{final} = \alpha \cdot E_{text} + (1 - \alpha) \cdot \sum_{i=1}^n w_i E_{sentence_i}, \quad (4)$$

где α — вес глобального анализа, w_i — веса предложений на основе уверенности классификации для каждого предложения, n — количество предложений в тексте.

Такой подход позволяет учитывать как общую эмоциональную окраску текста, так и вклад отдельных предложений, придавая больший вес тем из них, которые классифицированы с высокой степенью уверенности.

Результаты и заключение.

Проведенные эксперименты показывают значительное улучшение точности определения эмоционального контекста по сравнению с традиционными методами анализа тональности. Общая точность классификации достигает 80.83%, что превосходит показатели базовых моделей, не учитывающих сарказм, эмодзи и другие контекстуальные факторы. Особенно заметное улучшение наблюдается при анализе сложных случаев, таких как тексты с саркастическим подтекстом или активным использованием эмодзи для модификации эмоционального содержания.

Следует отметить, что метод показал улучшенную точность при работе с короткими текстовыми сообщениями, характерными для современных платформ социальных медиа и мессенджеров. Это достигается благодаря способности системы извлекать максимум информации из ограниченного контекста путем комплексного анализа всех доступных эмоциональных маркеров. Сравнительный анализ с существующими методами определения эмоциональной окраски текста показал, что предложенный метод превосходит традиционные показатели в среднем на 15-20%.

Список использованных источников:

1. Парамонов, А. И. Фейковые новости и его влияние на информационное пространство: использование фейковых новостей в политических целях / А. И. Парамонов, М. В. Малышенко, В. В. Лысенко // Экономика устойчивого развития региона: инновации, финансовые аспекты, технологические драйверы развития в сфере туризма и гостеприимства : материалы XI Международной научно-практической конференции, Ялта, 26-29 марта 2024 г. / Крымский федеральный университет им. В. И. Вернадского ; отв. ред.: А. В. Олифирова. — Симферополь : ИТ «Ариал», 2024. — С. 155–158.
2. Liu, Yinhan et al. RoBERTa: A Robustly Optimized BERT Pretraining Approach // arXiv preprint arXiv:1907.11692. — 2019. — DOI: 10.48550/arXiv.1907.11692.
3. Sanh, V., Debut, L., Chaumond, J. & Wolf, T. DistilBert, a distilled version of Bert: Smaller, Faster, Cheaper and Lighter // arXiv preprint arXiv:1910.01108. — 2019. — DOI: 10.48550/arXiv.1910.01108.
4. Fawcett, T. An introduction to ROC analysis // Pattern Recognition Letters. — Vol. 27, No. 8. — June 2006. — Pages 861–874. — DOI: 10.1016/j.patrec.2005.10.010.

UDC 004.896+316.6

METHODS FOR DETECTING THE TEXT EMOTIONAL CONTEXT

Paulichenka K.A., master's student

*Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Paramonov A.I. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. A method for analyzing the emotional context of text is presented, designed to address limitations of existing sentiment analysis techniques. A cascaded model is introduced, consisting of a base emotion classifier, emoji analyzer, sarcasm detector, context evaluator, and consolidation mechanism. Built upon transformer architectures (RoBERTa or DistilBert), enhanced with specialized modules for subtle emotional expressions, the model shows significant improvement in accuracy, particularly for short formats common in social media and messaging applications containing emotionally charged elements. Experimental results confirm increased efficiency compared to conventional methods, ensuring precise determination of emotional states even in complex situations.

Keywords. Emotional context analysis, Sentiment analysis, Tone analysis, Machine Learning (ML), Transformers, Emoji, Sarcasm, Natural Language Processing (NLP).

УДК 004.272.2(075.8)

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ФЛОЙДА-УОРШЕЛЛА И ДЕЙКСТРЫ ДЛЯ НАХОЖДЕНИЯ КРАТЧАЙШИХ ПУТЕЙ ВО ВЗВЕШЕННОМ ГРАФЕ

Стельмак К.Д., студент гр.381570, Анацко Д.Д., студент гр. 381570

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь

Скудняков Ю.А. – канд. техн. наук, доцент, доцент каф. ИСиТ

Аннотация. Решение задачи нахождения кратчайшего пути в графах является весьма актуальным и практически чрезвычайно важным, поскольку при этом достигается улучшение показателей качества различных объектов и процессов деятельности многих предприятий и организаций разного профиля. В этом случае достигается минимизация издержек в различных сферах человеческой деятельности, приводящих к экономии финансовых, материальных, временных, эксплуатационных и других ресурсов, повышению надежности, долговечности, компактности изделий различного назначения.

Ключевые слова. Кратчайший путь, граф, алгоритм Флойда–Уоршелла, алгоритм Дейкстры, сложность алгоритма.

Введение.

Задачи поиска кратчайшего пути заключаются в нахождении минимального по весу маршрута между вершинами взвешенного графа. Взвешенный граф состоит из вершин (узлов) и рёбер (связей), где каждому ребру может быть присвоен вес (стоимость, расстояние, время и т. д.). Задачи поиска кратчайшего пути широко применяются в картографических сервисах, логистике, компьютерных сетях, в решении задач топологического синтеза радио- и электронных вычислительных средств, экономике, социальных сетях и др. Задача нахождения кратчайшего пути во взвешенном графе [1–9] решается в различных вариантах с использованием ориентированного или неориентированного, разреженного или плотного графа, со взвешенными ребрами и/или взвешенными вершинами, положительными или отрицательными весами, между парой вершин или всеми парами вершин, при обязательном проходе всех вершин или необязательном проходе и т. д. Различные алгоритмы отличаются вычислительной сложностью: поиск кратчайшего пути между парой вершин решается за квадратичное время алгоритмом Дейкстры, поиск кратчайшего пути между всеми парами вершин решается за кубическое время алгоритмом Флойда–Уоршелла, поиск кратчайшего пути при обязательном проходе всех вершин полного графа является NP -трудной задачей [9].

Для решения задач поиска кратчайшего пути во взвешенных графах широко применяются алгоритмы Флойда–Уоршелла и Дейкстры. Оба алгоритма решают схожие задачи, но их эффективность и область применения различаются. В данной статье приводится сравнительный анализ эффективности этих алгоритмов.

Алгоритм Флойда–Уоршелла решает задачу нахождения кратчайших путей между всеми парами вершин во взвешенном графе с положительным или отрицательным весом ребер (но без отрицательных циклов). Этот алгоритм постепенно улучшает известные пути, проверяя, можно ли добраться из вершины i в вершину j через какую-то промежуточную вершину k .

Описание алгоритма:

1 Создание матрицы расстояний $dist[V][V]$ (где V – количество вершин в графе), где элемент $dist[i][j]$ обозначает расстояние между вершинами i и j и равен $w(i,j)$ (весу ребра, если такое существует) и ∞ (если ребра нет). Элемент $dist[i][i]$ равен 0 (расстояние от вершины до самой себя).

2 Последовательный перебор всех вершин k и проверка, можно ли улучшить путь из вершины i в вершину j через промежуточную вершину k : $dist[i][j] = \min(dist[i][j], dist[i][k] + dist[k][j])$.

3 После выполнения алгоритма $dist[i][j]$ содержит длину кратчайшего пути между любыми двумя вершинами.

Псевдокод алгоритма Флойда–Уоршелла представлен в листинге 1.

Листинг 1 – Псевдокод алгоритма Флойда–Уоршелла

```
1 for k from 1 to V:
2   for i from 1 to V:
3     for j from 1 to V:
4       if dist[i][j] > dist[i][k] + dist[k][j]:
5         dist[i][j] = dist[i][k] + dist[k][j]
```

Алгоритм прост в реализации, однако высокие временная $O(V^3)$ и пространственная $O(V^2)$ сложности делают его неэффективным для больших графов.

Алгоритм Дейкстры – алгоритм поиска кратчайшего пути в графе из заданной вершины во все остальные (single-source shortest path problem).

Алгоритм Дейкстры предназначен для поиска кратчайшего пути от одной вершины ко всем остальным. Работает только для графов без рёбер отрицательного веса.

Описание алгоритма:

1 Задаётся граф с V вершинами и матрицей смежности, где $graph[i][j]$ хранит вес ребра между вершинами i и j (если ребро отсутствует, используется ∞).

2 Создаётся массив $dist[V]$, в котором $dist[i]$ обозначает кратчайшее расстояние от исходной вершины до i . Изначально $dist[i] = \infty$, кроме начальной вершины ($dist[start] = 0$).

3 Используется множество или приоритетная очередь для хранения необработанных вершин.

4 Из множества необработанных вершин выбирается вершина u с минимальным значением $dist[u]$.

5 Для каждой смежной вершины v проверяется, можно ли улучшить её текущее расстояние $dist[v]$ через вершину u . После обработки вершина u помечается как посещённая.

6 Алгоритм продолжается, пока не будут обработаны все вершины или не найдены кратчайшие пути до нужных вершин. По завершении $dist[i]$ содержит кратчайшее расстояние от исходной вершины до каждой другой.

Временная сложность алгоритма:

– $O(V^2)$ при использовании обычного массива для хранения расстояний;

– $O((V + E) \log V)$ при использовании приоритетной очереди (например, двоичной кучи).

Пространственная сложность:

$O(V^2)$ при использовании матрицы смежности;

– $O(V + E)$ при использовании списка смежности.

Псевдокод алгоритма Дейкстры представлен в листинге 2.

Листинг 2 – Псевдокод алгоритма Дейкстры

```

1 func dijkstra(s):
2   for v ∈ V v ∈ V
3     d[v] == ∞
4     used[v] = false
5     d[s] = 0
6     for i ∈ V i ∈ V
7       v = null
8       for j ∈ V j ∈ V
9         if !used[j] and (v == null or d[j] < d[v])
10          v = j
11      if d[v] == ∞
12        break
13      used[v] = true
14      for e: исходящие из v рёбра
15        if d[v] + e.len < d[e.to]
16          d[e.to] = d[v] + e.len

```

Плюсы алгоритма Дейкстры: гарантированно находит кратчайшие пути в графе с неотрицательными рёбрами, эффективен при использовании приоритетной очереди, хорошо подходит для маршрутизации. Минусы: работает медленно на плотных графах с большим числом вершин при реализации через матрицу смежности, не применим для графов с отрицательными рёбрами.

Пример применения алгоритмов.

В качестве примера рассмотрим работу алгоритмов Флойда-Уоршелла и Дейкстры для графа, изображенного на рисунке 1.

Представлен взвешенный ориентированный граф без отрицательных ребер с пятью вершинами.

Матрица смежности для данного графа представлена на рисунке 2.

Результат работы программы, реализующей алгоритм Флойда-Уоршелла представлен на рисунке 3.

Результат работы программы, реализующей алгоритм Дейкстры представлен на рисунке 4.

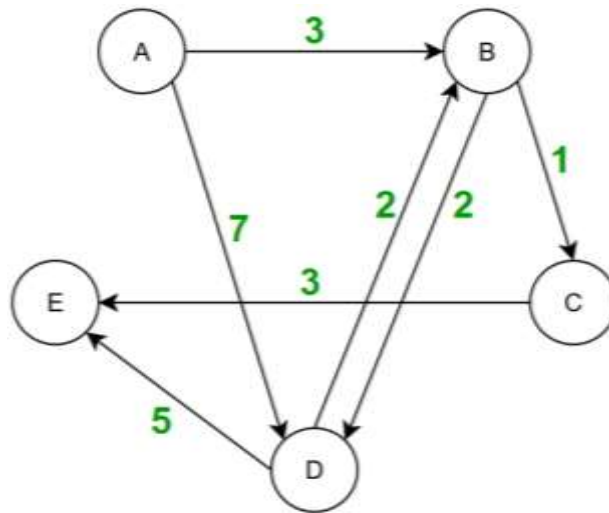


Рисунок 1 – Взвешенный ориентированный граф

	A	B	C	D	E
A	0	3	∞	7	∞
B	∞	0	1	2	∞
C	∞	∞	0	∞	3
D	∞	2	∞	0	5
E	∞	∞	∞	∞	0

Рисунок 2 – Матрица смежности

Матрица кратчайших расстояний:					
0	3	4	5	7	
INF	0	1	2	4	
INF	INF	0	INF	3	
INF	2	3	0	5	
INF	INF	INF	INF	0	

Рисунок 3 – Результат работы программы, реализующей алгоритм Флойда-Уоршелла

```

Кратчайшие пути от вершины A:
Вершина A: 0, путь: A
Вершина B: 3, путь: A -> B
Вершина C: 4, путь: A -> B -> C
Вершина D: 5, путь: A -> B -> D
Вершина E: 7, путь: A -> B -> C -> E

-----

Кратчайшие пути от вершины C:
Вершина A:  $\infty$ , путь: нет пути
Вершина B:  $\infty$ , путь: нет пути
Вершина C: 0, путь: C
Вершина D:  $\infty$ , путь: нет пути
Вершина E: 3, путь: C -> E

```

Рисунок 4 – Результат работы программы, реализующей алгоритм Дейкстры при стартовых вершинах A и C

Сравнение алгоритмов.

Алгоритм Дейкстры оказывается более эффективным для разреженных графов, поскольку его сложность при использовании приоритетной очереди составляет $O(E \log V)$, что делает его предпочтительным при наличии относительно небольшого количества рёбер. В случае плотных графов, где количество рёбер близко к V^2 , алгоритм Флойда-Уоршелла с временной сложностью

$O(V^3)$ становится конкурентоспособным и широко применяется благодаря простоте реализации.

Ключевое различие между алгоритмами заключается в их применимости к графам с отрицательными весами: алгоритм Флойда-Уоршелла корректно работает даже в таких условиях (если отсутствуют отрицательные циклы), тогда как алгоритм Дейкстры не гарантирует нахождения кратчайших путей при наличии рёбер с отрицательным весом.

Заключение.

Оба алгоритма имеют свои сильные и слабые стороны. Алгоритм Дейкстры выигрывает на больших разреженных графах, а алгоритм Флойда-Уоршелла подходит для плотных графов с небольшим количеством вершин. Выбор подходящего алгоритма зависит от конкретной задачи.

Алгоритм Дейкстры может быть использован только в задаче поиска кратчайшего пути с одним источником, а алгоритм Флойда-Уоршелла доступен для поиска кратчайшего пути между любыми двумя точками. Он подходит для поиска кратчайшего пути среди всех вершин или в небольшом объеме данных.

Актуальным и перспективным направлением решения рассмотренных в статье задач является разработка и практическое применение квантовых алгоритмов, обладающих по сравнению с существующими значительно большей производительностью и обеспечивающих существенное сокращение времени обработки информации для получения необходимых, весьма точных и крайне важных, результатов решения сложных проблем в различных сферах человеческой деятельности [11].

Список использованных источников:

1. Дольников, В. Л. Основные алгоритмы на графах : Д 65 текст лекций / В. Л. Дольников, О. П. Якимова; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. – Ярославль : ЯрГУ, 2011. – 80 с.
2. Floyd, R. W. Algorithm 97: Shortest path / R. W. Floyd // Communications of the ACM, 1962, 5(6), p. 345.
3. Hofner, P. Dijkstra, Floyd and Warshall Meet Kleene / P. Hofner and B. Moller // Formal Aspect of Computing, Vol.24, No.4, 2012, № 2, pp. 459–476.
4. Venkataraman, G. A Blocked All-Pairs Shortest Paths Algorithm / G. Venkataraman, S. Sahni, S. Mukhopadhyaya // Journal of Experimental Algorithmics (JEA), Vol 8, 2003, pp. 857–874.
5. Park, J. S. Optimizing graph algorithms for improved cache performance / J. S. Park, M. Penner, and V. K. Prasanna // IEEE Trans. on Parallel and Distributed Systems, 2004, 15(9), pp. 769–782.
6. Singh, A. Performance Analysis of Floyd Warshall Algorithm vs Rectangular Algorithm / A. Singh, P. K. Mishra // International Journal of Computer Applications, Vol.107, No.16, 2014, pp. 23–27.
7. Madduri, K. An Experimental Study of a Parallel Shortest Path Algorithm for Solving Large-Scale Graph Instances / K. Madduri, D. Bader, J. W. Berry, J. R. Crobak // Proceedings of the Ninth Workshop on Algorithm Engineering and Experiments (ALENEX), 2007, pp. 23–35.
8. Prihozhy, A. Synthesis and Optimization of Pipelines for HW Implementations of Dataflow Programs / A. Prihozhy, E. Bezati, H. Rahman, M. Mattavelli // IEEE Trans. on CAD of Integrated Circuits and Systems, Vol. 34, No. 10, 2015, pp. 1613–1626.
9. Прихожий, А.А. Разнородный блочный алгоритм поиска кратчайших путей между всеми парами вершин графа / А.А. Прихожий, О.И. Карасик, Системный анализ и прикладная информатика. – Минск: БНТУ, 2017, – С.68-75.
10. Троелсен, Э. C# и платформа .NET 3.0, специальное издание / Э. Троелсен. – СПб.: Питер, 2008. – 1456 с.
11. Хадиев, К.Р. Квантовый алгоритм для нахождения кратчайшего пути в ациклическом ориентированном графе / К.Р. Хадиев, Л.И. Сафина // Весты МГУ: Вычислительная математика и кибернетика, сер.15, №1. – М.: МГУ, 2017. – С.48-52.

UDC 004.272.2(075.8)

COMPARATIVE ANALYSIS OF FLOYD-WARSHALL AND DIJKSTRA ALGORITHMS FOR FINDING SHORTEST PATHS IN A WEIGHTED GRAPH

Stelmak K.D., student, Anatsko D.D., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Skudnyakov Yu.A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. Solving the problem of finding the shortest path in graphs is very relevant and practically extremely important, since it improves the quality of various facilities and processes of many enterprises and organizations of various profiles. In this case, minimization of costs in various spheres of human activity is achieved, leading to savings in financial, material, time, operational and other resources, increasing reliability, durability, compactness of products for various purposes.

Keywords. Shortest path, graph, Floyd–Warshall algorithm, Dijkstra algorithm, algorithm complexity.

УДК 616-71

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ЗДОРОВЬЯ ЧЕЛОВЕКА

Стефняк Ю.В., студент гр. 281073, Стефняк Е.В., студент гр.281073

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Савенко А.Г. – маг. техн. наук, ст. препод. каф. ИСиТ

Аннотация. В статье представлен программно-аппаратный комплекс мониторинга параметров здоровья человека, предназначенный для снятия показаний электрокардиограммы (ЭКГ), измерения температуры, пульса и уровня кислорода в крови, с управлением с помощью мобильного приложения и хранением данных на облачной платформе с использованием веб-сервера, и возможностью удаленного контроля лечащим врачом пациента.

Ключевые слова. Мониторинг здоровья, микроконтроллер, электрокардиограмма, пульсоксиметр, сатурация, MQTT, мобильное приложение.

Введение. Сегодня пациенты с инвалидностью, малоподвижные или лежачие, а также люди, чей диагноз не позволяет выходить из дома, не могут часто посещать медицинские учреждения, испытывая нагрузки. Проблема достаточно серьезна для маломобильных лиц, имеющих хронические заболевания, у многих из них часто возникает потребность измерять показания здоровья ежедневно, а есть те, кому требуется делать это ежечасно. Установлено, по статистике: 40% – общий процент целевых рассматриваемых групп от всего населения Республики Беларусь, 30% людей страдают от сердечно – сосудистых заболеваний, 16% из которых нуждаются в постоянном обследовании. 36% населения на сегодняшний момент страдают от постковидного синдрома, и от связанных с ним сердечно-сосудистых заболеваний.

Борьба с болезнями сердечно-сосудистой системы стала основной задачей здравоохранения и медицинской науки наряду с такими заболеваниями как рак, или СПИД.

Глубокий интерес к этой проблеме определяется широким распространением сердечно-сосудистых заболеваний, тенденцией к нарастанию их у лиц молодого возраста, в частности детей различных возрастных групп, огромной их ролью в смертности населения (1-2 место) среди всех заболеваний.

Поэтому столь актуально практическое применение принципов и разработка эффективных методов лечения, реабилитации и, а в большей степени наиболее ранней диагностики заболеваний сердечно-сосудистых заболеваний.

Значительное усложнение данной проблемы приносит тот факт, что многие люди, например, люди с инвалидностью, пожилые или беременные могут своевременно не попасть в медучреждение из-за большого количества препятствующих факторов, таких как:

- тяжелая степень сердечно-сосудистых заболеваний или сопутствующих заболеваний у человека;
- малоподвижность или обездвиженность;
- отсутствие безбарьерной среды;
- неблагоприятные погодные условия.

Следовательно, можно сделать вывод, есть риск, что люди из уязвимых групп, а это более 40%, не смогут получить необходимое обследование вовремя. А существующие методы ЭКГ-исследования по средствам холтеровского мониторинга в полной мере не решают данную проблему, так как существующие для этого устройства в Беларуси являются эргономически неудобными, что не дает гарантию качественного исследования.

Возможность удаленного мониторинга в реальном масштабе времени жизненно важных параметров имеет огромное значение для эффективного контроля врачом состояния здоровья пациента и предупреждения болезней.

В данной статье показано, что усовершенствование конструктива существующих устройств обследования здоровья и обеспечение дистанционной связи с врачом-специалистом позволит облегчить процесс исследования сердечно-сосудистой системы и улучшить жизнь человеку, имеющему специальные потребности. Описан процесс проектирования и разработки устройства системы мониторинга параметров здоровья человека.

Основная часть. Для решения приведенной проблемы перед автором стояла цель разработать универсальную систему мониторинга здоровья человека на основе биометрических малогабаритных датчиков, с возможностью измерения электрокардиограммы (ЭКГ), температуры, пульса и сатурации (уровня кислорода в крови), с управлением с помощью мобильного приложения и хранением данных на облачной платформе с использованием удаленного веб-сервера, где их видит и контролирует лечащий врач пациента.

Для достижения поставленной цели было необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ аналогичных решений систем мониторинга здоровья;
- выделить особенности разрабатываемой системы;
- получить консультацию у врача-специалиста на предмет пригодности и правильности идеи прототипа с учетом медицинских особенностей;
- спроектировать прототип устройства;
- протестировать изготовленное устройство и корректность передачи снятых показаний.

Для того, чтобы определить основные функциональные части системы мониторинга здоровья, их назначение на первом этапе проектирования устройства была создана схема электрическая структурная, которая представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема электрическая структурная

Микроконтроллер ESP32 управляется при помощи программы и управляет всеми блоками рассматриваемого устройства.

Аккумулятор SZNS 18650 обеспечивает питание всем составным частям схемы электрической структурной устройства системы мониторинга параметров здоровья человека.

Датчик температуры DS18B20 связан непосредственно с микроконтроллером для обмена данными об уровне температуры у человека.

Микроконтроллер управляет состояниями датчика, переводит в логический ноль или в логическую единицу по шине датчика DQ.

К микроконтроллеру также подключены модуль ЭКГ ритма AD8232 и датчик пульсоксиметра MAX30100. Модуль ЭКГ обменивается с микроконтроллером (МК) данными о состоянии электрокардиограммы сердца, ESP32 преобразует эти данные и выводит в графическом виде. К модулю ЭКГ подключается три ЭКГ электрода. MAX30100 – модуль датчика пульсоксиметра, передает микроконтроллеру данные о состоянии пульса и процента кислорода в крови у человека.

В процессе проектирования устройства были выбраны электронные компоненты системы мониторинга параметров здоровья человека, соответствующие следующим поставленным условиям:

- рабочая температура, °C.....+5 ...+35;
- относительная влажность при температуре +25°C, %.....75;
- время работы устройства при питании, чболее 24;
- вибрация на одной частоте, Гц20;
- время выдержки, ч0,9.

В качестве основного элемента разработанной системы мониторинга параметров здоровья человека был выбран программируемый микроконтроллер ESP32 NodeMCU 32S[1].

На рисунке 2 представлена схема электрическая принципиальная[5] устройства системы мониторинга параметров здоровья человека. Ниже подробно описаны ее составные части в соответствии с выбранной элементной базой устройства системы мониторинга параметров здоровья человека.

К микроконтроллеру ESP32 NodeMCU 32S - A2 подключены A3 и A1 – MAX30100 и AD8232.

Модуль ЭКГ AD8232 – это модуль на базе микросхемы AD8232, используемый для измерения электрокардиограммы сердца. Встроенная микросхема в модуль ЭКГ AD8232 – полностью интегрированный интерфейс для ЭКГ с одним отведением. Его конструкция позволяет использовать аналого-цифровой преобразователь (АЦП) сверхмалой мощности или встроенный микроконтроллер для легкого получения выходного сигнала.

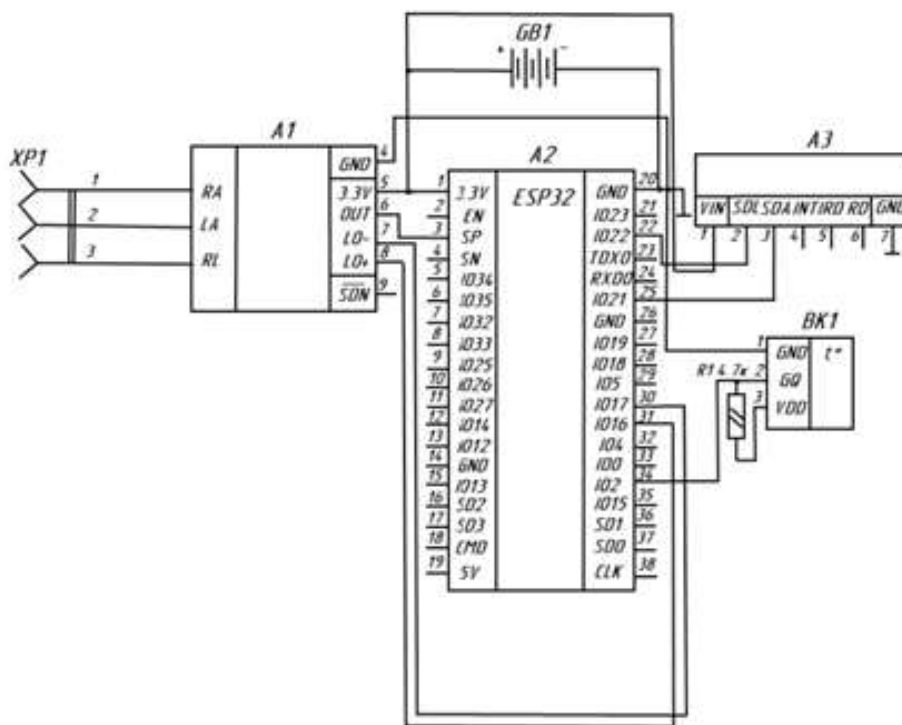


Рисунок 2 – Схема электрическая принципиальная

Для снятия показаний модулю ЭКГ AD8232 подключаются три электрода, в разрабатываемом устройстве системы мониторинга параметров здоровья человека используются широко распространенные самоклеящиеся электроды с кнопочной фиксацией разъема кабеля.

На плате также имеются контактные площадки для установки pin- разъема, дублирующего 3,5 мм разъем подключения электродов (на схеме электрической принципиальной обозначен как XS1).

A3 на схеме - MAX30100 – это оптический датчик пульсоксиметра.

В его состав входят два светодиода, фотодетектор, оптимизированная оптика и аналоговый интерфейс.

На схеме электрической принципиальной (рисунок 2) BK1 – DS18B20 – это цифровой измеритель температуры, с разрешением преобразования 9 - 12 разрядов и функцией тревожного сигнала контроля за температурой.

Диапазон измерения температуры составляет от -55 до +125 °C. Для диапазона от -10 до +85 °C погрешность не превышает 0,5 °C[2].

Сенсор датчика подключается к плате через один сигнальный пин. Напряжение тока во время работы датчика: 3-3,7В.

R1 – подтягивающий резистор на 47кОм к датчику температуры DS18B20.

Питание устройства осуществляется по средствам аккумулятора, на схеме GB1 - аккумулятор SZNS 18650 3,7 V 7.4Wh 2200 мАч, он подключается к микроконтроллеру ESP32 в холдере.

Для осуществления связи электронных компонентов устройства между собой была разработана схема электрическая соединений, представленная на рисунке 3.

Схема электрическая соединений состоит из четырех блоков: модулей A1, A2, A3 и микросхемы BK1.

A2 – Микроконтроллер ESP32, в нем используется всего 8 пинов. SVP – вывод на аналоговый вход, 3V3 – питание (Логический уровень единицы), GND – заземление (Логический уровень нуля), GPIO21, GPIO22, GPIO16, GPIO17, GPIO2 – контакты ввода-вывода.

На схеме A1 – Модуль ЭКГ AD8232. К модулю присоединяется три электрода, которые подключаются к телу человека.

Электроды объединены в один вывод – штекер типа TRS 7-0012 / SZC-0012[5] на 3.5 мм, который подключается к модулю датчика через разъем XP1 по схеме. XS1 – гнездо 3.5 мм, типа TRS СКХ3-3.5-26, установлено на плате.

В случае его отсутствия, полочки или необходимости получать данные только с 1-2 электродов, можно воспользоваться «запасными» контактами на плате AD8232: они подписаны, как RA, LA, RL.

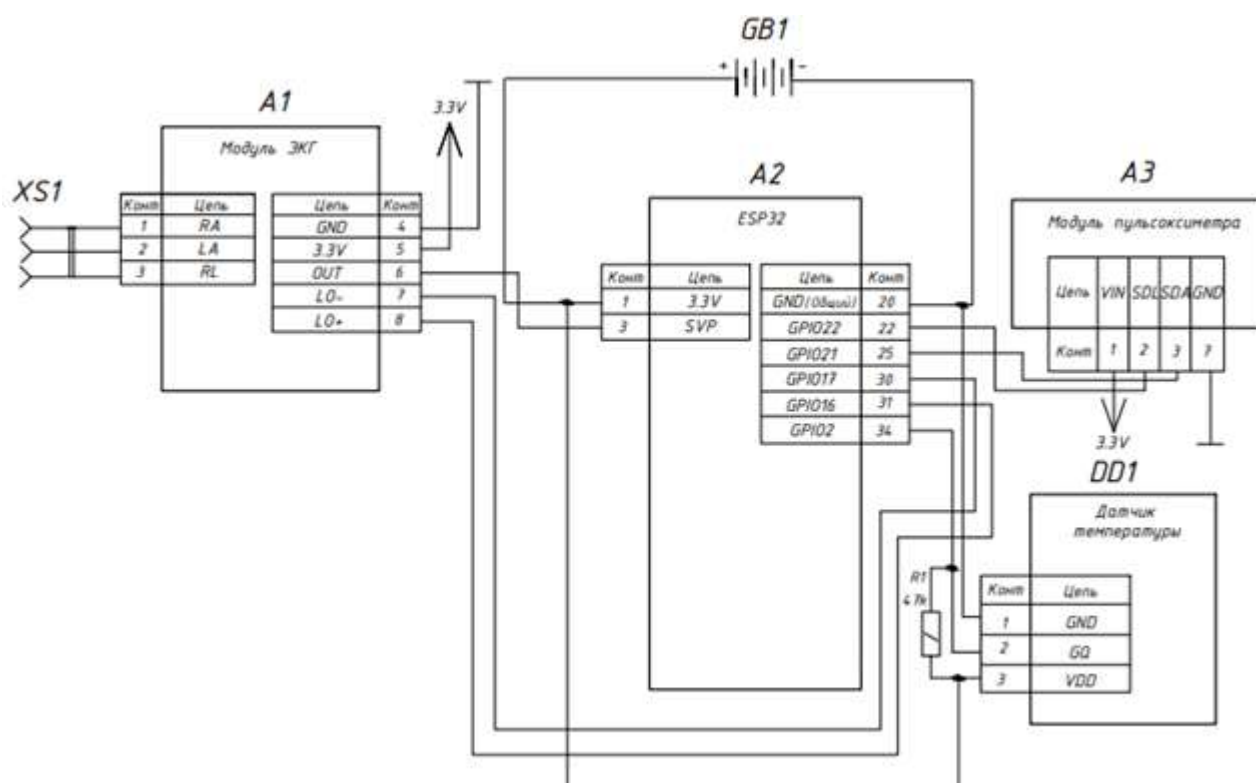


Рисунок 3 – Схема электрическая соединений

На плате модуля ЭКГ имеются 6 контактов, но для подключения к микроконтроллеру ESP32 используются пять из них:

- GND - заземление (к контакту "GND" на плате ESP32);
- 3,3 V - входной контакт питания (3,3 В);
- OUTPUT - сигнальный вывод, с которого можно считать напряжение (к аналоговому контакту на микроконтроллере), подключается к выводу SVP ESP32;
- LO- - к цифровому контакту 30 (GPIO16);
- LO+ - к цифровому контакту 31 (GPIO17).

A3 – Модуль датчика пульсоксиметра MAX30100.

Датчик пульсоксиметра MAX30100 имеет семь выводов, но для подключения к ESP 32 используются всего четыре:

- Vin – питание датчика от 3,3В;
- GND – заземление;
- SCL – вход тактовой частоты шины I2C;
- SDA – двунаправленная передача данных I2C (открытый коллектор).

Схема соединения выводов MAX30100 с ESP32 следующая: контакт ESP32 GPIO22 присоединяем к MAX30100 SCL, ESP32 GPIO21 к MAX30100 SDA, ESP32 GND к MAX30100 GND, ESP32 3,3 В к MAX30100 VIN.

На схеме электрической соединений микросхема DD1 – цифровой датчик температуры DS18B20. В таблице 1 описано назначение выводов датчика температуры DS18B20.

Таблица 1 – Назначение выводов датчика температуры DS18B20

Вывод	Сигнал	Описание
1	GND	Земля
2	DQ	Вывод сигнала данных (входа/выход). Выход типа открытый коллектор интерфейса 1-Wire. Также через него происходит питание в режиме «паразитное питание».
3	VDD	Вывод внешнего питания. В режиме «паразитного питания» подключен к земле.

К ESP32 датчик температуры DS18B20 подключен следующим образом. Контакт GND датчика подключается к общему контакту GND у ESP32.

VDD – к 3,3 В, DQ к цифровому контакту GPIO2. К выводам DQ (шина данных) и VDD параллельно подключен подтягивающий резистор R1 на 47кОм.

Питание всей системы осуществляется от аккумулятора 18650 SZNS (на схеме электрической соединений GB1), он подключается «плюсом» к 3V3 микроконтроллера ESP32, «минусом» - к его контакту общего для всей цепи заземления.

Соединение всех элементов схемы устройства системы мониторинга параметров здоровья человека осуществляется проводами типа МГТФ 0,07 кв.мм по ГОСТу: ГОСТ/ТУ 16-505.185-71[3].

Провода типа МГТФ 0,07 кв.мм. - провода, предназначенные для внутри приборного и межприборного монтажа, соединений электронной и электрической аппаратуры. МГТФ – тип провода с медной жилой с изоляцией из запеченных пленок фторопласта-4, рабочая температура, от -60 С до +220С, вес 1.57 г[3].

По схеме электрической соединений осуществлялась сборка системы мониторинга параметров здоровья человека и соединение всех ее элементов.

Произведенные конструкторские расчеты и ряд технических решений во время проектирования устройства позволили под разработанные габариты платы спроектировать корпус для системы мониторинга параметров здоровья человека в программе SolidWorks 2020.

Процесс проектирования корпуса устройства системы мониторинга параметров здоровья человека иллюстрирует рисунок 4.

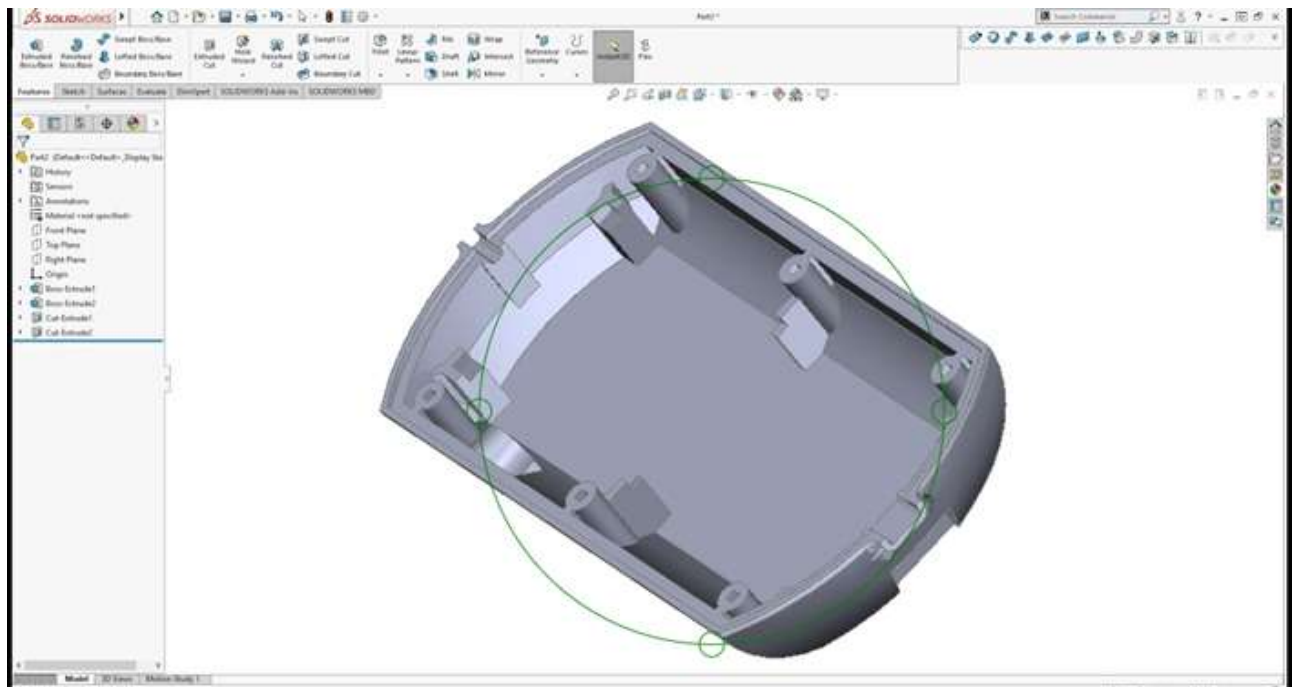


Рисунок 4 – Процесс проектирования корпуса системы мониторинга параметров здоровья человека

Сатурация для наиболее точных показаний должна измеряться под мышкой, из-за большого количества там капилляров и сетки кровеносных сосудов. Остальные датчики располагаются по стандартизированным медицинским показаниям к ЭКГ и измерению температуры тела. На рисунке 5 изображена схема расположения всех датчиков на теле человека.

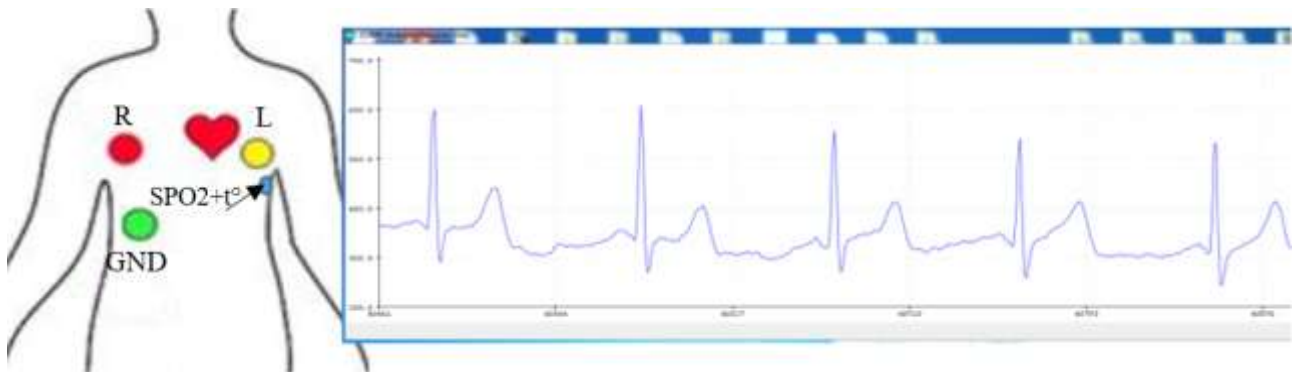


Рисунок 5 – Схема расположения датчиков на теле человека

Корпус системы мониторинга параметров здоровья человека состоит из нескольких частей: корпус под плату, корпус под аккумулятор, корпуса под ЭКГ электроды.

Данную конструкцию устройства системы мониторинга параметров здоровья человека было решено крепить к телу эластичными ремнями в виде лифа, важным показателем в проектировании корпуса стали медицинские показания для расположения всех датчиков.

Устройство после сборки на теле человека представлено на рисунке 6.



Рисунок 6 – Устройство системы мониторинга параметров здоровья человека

Корпус системы мониторинга параметров здоровья человека важно было сконструировать гладким и округлым, чтобы избежать острых и угловатых деталей, т.к. устройство является нательным, необходимо было спроектировать конструкцию корпуса под любые объёмы грудной клетки любого возраста и пола человека, спроектированные части корпуса вокруг ремня подвижны, что обеспечило широкий диапазон измерений необходимых показаний и делает разрабатываемое устройство эргономически удобным для любого пользователя.

Важно отметить, что в итоге изготовленные пластиковые части корпуса, а также все выбранные электронные компоненты устройства имеют крайне малый вес (устройство весит 58г. в полной комплектации), а обхватывающий вокруг грудную клетку ремень дополнительно закрепляет и держит все датчики в нужных местах, что дает возможность беспрепятственно вести человеку привычный и активный образ жизни во время ношения устройства системы мониторинга параметров здоровья человека. После проектирования и сборки устройства системы мониторинга параметров здоровья человека был разработан принцип управления устройством и обеспечена удаленная связь с врачом по протоколу MQTT с возможностью хранения снятых показаний здоровья и персональных данных пациента. Полное описание работы устройства представлено ниже.

Устройство системы мониторинга параметров здоровья человека работает следующим образом:

Система мониторинга параметров здоровья человека устанавливается на грудную клетку. На смартфон скачивается мобильное приложение для управления системой мониторинга параметров здоровья человека и подключается к сетевому протоколу для обмена данными. Сначала происходит снятие показаний здоровья, которые передаются в MQTT брокера: «WQTT.RU» (используется для цифровых данных) и «Ubidots.com» (используется для отображения данных ЭКГ в виде графика). Полученные данные брокером отправляются в мобильное приложение по сетевому протоколу MQTT[4] для обмена данными, далее полученные данные мобильным приложением публикуются на облачной платформе, где их контролирует лечащий врач пациента, предварительно пройдя регистрацию по логину и паролю. Все приходящие данные здоровья сохраняются на удаленном веб-сервере облачной платформы «Негоку».

Пример полученных показаний в MQTT брокерах отображает рисунок 7.

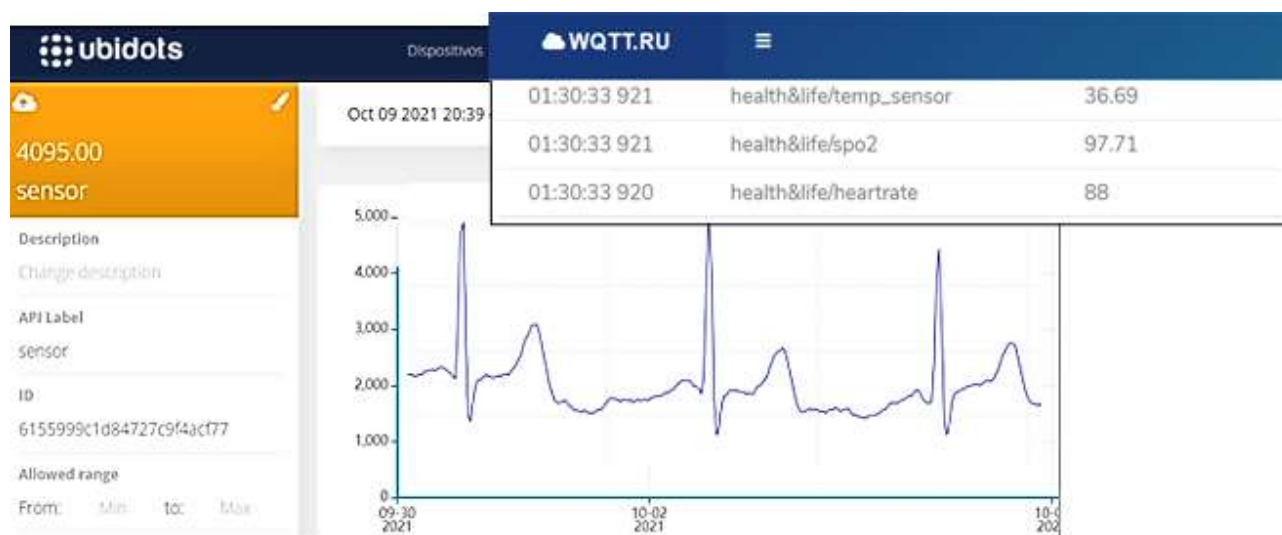


Рисунок 7 – Пример полученных показаний в MQTT брокерах

Далее следует описать подробнее мобильное приложение для управления разработанным устройством.

Разработанное мобильное приложение– пульт управления системой мониторинга параметров здоровья человека под ОС Android версии 6.0 и выше. Язык разработки для мобильного приложения был выбран Kotlin [5].

В мобильном приложении предусмотрен выбор языка русский-английский. Язык приложения определяет настройка выбранного языка в системе используемого смартфона.

Выполнение программы начинается с запуска приложения. После запуска приложения пользователь проходит регистрацию, создает свой уникальный профиль: вводит свои уникальные логин и пароль, далее выполняет вход по логину и паролю, попадает в профиль пользователя, включает устройство и видит отображение полученных данных о ЭКГ, ритме пульса, проценте кислорода в крови и температуре на главном экране приложения, также пользователь вводит персональные данные для «Анкеты пациента».

Если пользователь решает остановить снятие показаний-он нажимает на кнопку «Done/Стоп», возобновить – «Retry/Заново».

После того как пользователь завершит управлять устройством, он может выйти из приложения или вернуться к выбору обследованию здоровья. Также пользователь может просматривать свою «Анкету пациента»: ФИО, пол, вес, адрес, контакты, дату рождения, в анкете он может открыть и просмотреть принимаемые ранее препараты и сопутствующие диагнозы по введенным личным данным при регистрации. Также при желании пользователь может сменить аккаунт, введя новые логин и пароль или обновить свою персональную информацию в анкете пациента.

Снимаемые данные врач может видеть, как в MQTT брокерах «WQTT.RU» и «Ubidots.com», так и на облачной платформе «Негоки», которые он сможет открыть на своем ПК. Схему работы с данными с возможностью их хранения иллюстрирует рисунок 8.

Когда устройство подключено, микроконтроллер после прошивки по Wi-Fi модулю, встроенному в МК, подключается к роутеру, попадая в сеть интернет.



Рисунок 8 – Схема работы с данными

Связь данных устройства и приложения осуществлена с помощью MQTT протокола.

MQTT – упрощённый сетевой протокол, работающий поверх TCP/IP, ориентированный для обмена сообщениями между устройствами по принципу издатель-подписчик [4]. Основная сфера его применения в системе мониторинга здоровья человека — доставка небольших сообщений в виде показателей от датчиков в MQTT брокера.

Для связи мобильного приложения и используемого веб-сервера на облачной платформе использован протокол HTTP.

HTTP является протоколом клиент-серверного взаимодействия, мобильное приложение отправляет запрос к серверу, который обслуживает пользователя, предоставляя ему документы по запросу [4]. Полученный итоговый документ состоит из различных поддокументов со скриптами полученных данных с устройства, или уже введенных данных в анкете пациента, хранимых на веб-сервере и являющихся частью итогового документа.

Заключение.

Таким образом, в данной статье был описан процесс проектирования и разработки устройства системы мониторинга параметров здоровья человека с возможностью управления с помощью мобильного приложения и хранением данных на удаленном веб-сервере. Описан принцип связи устройства и мобильного приложения с MQTT брокером и облачной платформой для хранения данных с использованием веб-сервера, приведена схема работы с данными.

Данное разработанное устройство может найти применение в бытовых условиях при необходимости каждодневного обследования и в медучреждениях.

По произведенным конструкторским расчетам во время проектирования устройства было выявлено, что оно имеет высокие показатели надежности, более 94% и технологичности - свыше 10000ч безотказной работы.

Произведенный компоновочный расчет при конструировании системы мониторинга параметров здоровья человека позволил грамотно расположить выбранные электронные компоненты, выбрать правильные габариты платы и спроектировать корпус для разрабатываемого устройства.

Список использованных источников:

1. М.С. Голубцов «Микроконтроллеры ESP»: от простого к сложному / М. С. Голубцов - М.: СОЛОН-Пресс, 2018. 288 с. - (Серия «Библиотека инженера») ISBN 5-98003-034-4/ M.S. Golubtsov "ESP Microcontrollers": from simple to hard / M. S. Golubtsov - M.: SOLON-Press, 2018. 288 p. - (Series "Engineer's Library") ISBN 5-98003-034-4.
2. «Kotlin в действии. Разработка Android приложений», Жемеров Д., Исакова С. Kotlin в действии. / пер. с англ. Киселев А. Н. - М.: ДМК Пресс, 2018. - 402 с.: ил. / "Kotlin in action. Android application development", Zhemerov D., Isakova S. Kotlin in action. / translated from English. Kiselev A. N. - M.: DMK Press, 2018. - 402 p.: ill.
3. ГОСТ / ТУ 16-505.185-71 «Провода монтажные теплостойкие с изоляцией из фторопласта».
4. «Mqtt.ru» [Электронный ресурс] - Режим доступа: <https://mqtt.ru/articles/prostye-resheniya/chto-takoe-mqtt>. - Дата доступа: 03.03.2022./ "Mqtt.ru" [Electronic resource] - Mode of access: <https://mqtt.ru/articles/prostye-resheniya/chto-takoe-mqtt>. - Date of access: 03.03.2022.
5. Конструирование радиоэлектронных устройств: Учебно-метод. пособие/ Н.С. Образцов, Н.И. Каленкович, А.М. Ткачук и др. – Мн.: БГУИР, 2006.

UDC 616-71

HUMAN HEALTH PARAMETERS MONITORING SYSTEM

Stefnyak U.V., student, Stefnyak E.V., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Savenko A.G. – Master of Engineering sciences, Senior Lecturer

Annotation. The article presents a hardware and software complex for monitoring human health parameters, designed to take electrocardiogram (ECG) readings, measure temperature, pulse and blood oxygen levels, with control using a mobile application and storing data on a cloud platform using a web server, and the ability to remotely monitor the patient by the attending physician.

Keywords. Health monitoring, microcontroller, electrocardiogram, pulse oximeter, saturation, MQTT, mobile application.

УДК 004.68

ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ЦЕН НА МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ГОССТРОЙПОРТАЛА

Стилбо И.И., студент гр. 181075, Потоцкий Д.С., магистрант гр. 355841

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
г. Минск, Республика Беларусь*

Потоцкий Д.С. – ассистент кафедры ИСиТ

Аннотация. Данная статья отображает результаты разработки информационно-справочной системы мониторинга цен на материалы для строительства Госстройпортала, задачей которой является автоматизация процесса сбора, обработки и анализа данных о ценах на строительные материалы в рамках Республики Беларусь, а также предоставление актуальной информации о стоимости строительных материалов разработчикам сметной документации.

Ключевые слова. Строительная отрасль, нормативная база, автоматизация, Госстройпортал, классификатор.

Введение. В современных условиях эффективное управление строительной отраслью требует точной и актуальной информации о стоимости материалов, используемых при реализации проектов. Это особенно важно для Республики Беларусь, где строительство играет ключевую роль в развитии национальной экономики. Одним из важных инструментов, обеспечивающих прозрачность, точность и обоснованность финансовых расчетов в строительной отрасли должна являться информационно-справочная система мониторинга цен на строительные материалы.

Разработка и внедрение такой системы обусловлены необходимостью поддержки республиканской нормативной базы текущих цен на ресурсы, которая является основой для составления сметной документации и определения затрат на строительство объектов. В условиях постоянно меняющейся конъюнктуры рынка строительных материалов, вызванной глобальными и региональными экономическими факторами, оперативное получение достоверных данных о ценах на материалы становится критическим фактором для всех участников строительного процесса, включая заказчиков, подрядчиков и разработчиков сметной документации.

Информационно-справочная система должна выполнять важнейшие функции для строительной отрасли страны:

1 Обеспечение единообразия и стандартизации данных. Система ведет классификатор строительных материалов, что позволяет избежать несоответствий в идентификации материалов и упрощает процесс их использования в расчетах.

2 Мониторинг цен в масштабе республики. Система обеспечивает сбор, обработку и хранение информации о стоимости материалов с учетом региональной специфики, что особенно важно для составления объективных смет.

3 Повышение прозрачности и доверия. предоставление достоверных данных способствует исключению возможных манипуляций с ценами и снижению финансовых рисков.

Создание данной системы отвечает задачам цифровизации государственной инфраструктуры и является частью общей стратегии повышения эффективности государственного управления в строительной отрасли. Она способствует достижению следующих целей:

1 Рациональное использование бюджетных средств, выделяемых на строительство объектов.

2 Улучшение условий для планирования и реализации строительных проектов.

3 Создание равных условий для всех участников рынка.

Внедрение информационно-справочной системы мониторинга цен на строительные материалы требует дальнейшего изучения ключевых аспектов ее функционирования, включая методы сбора данных, алгоритмы обработки информации и механизмы интеграции с существующими сметными инструментами. Особое внимание следует уделить анализу влияния региональных факторов на динамику цен, а также разработке методик верификации поступающих данных для обеспечения их достоверности. Дальнейшие исследования могут быть направлены на оценку эффективности системы в условиях реального применения и ее вклада в снижение финансовых рисков при реализации строительных проектов.

Основная часть. Для достижения поставленной цели был разработан комплексный подход, включающий:

1 Разработку механизма ведения общегосударственного классификатора строительных материалов, обеспечивающего централизованное управление данными.

2 Разработку алгоритма подачи данных о ценовых предложениях за отчетный период, который автоматизирует процесс приема и валидации информации от поставщиков.

3 Разработку алгоритма расчета средней цены материалов, учитывающий региональные особенности и исключающий аномальные значения.

4 Разработку механизма автоматической генерации отчетов о стоимости материалов в разрезе республики и регионов.

Разработанные алгоритмы обработки данных в информационно-справочной системе Госстройпортала базируются на принципах автоматизированного сбора, верификации и агрегации ценовых показателей. Их ключевая задача – обеспечить достоверность и репрезентативность данных при формировании среднерыночных цен на строительные материалы.

Особое внимание уделено оптимизации вычислительных процессов, так как система должна обрабатывать значительные объемы информации в условиях жестких временных ограничений. Это обусловлено необходимостью оперативного обновления данных для своевременного формирования сметной документации и минимизации влияния рыночной волатильности на бюджет строительных проектов.

Данные в информационную систему предоставляются ежемесячно ответственными лицами (респондентами), которые являются производителями и импортерами строительных материалов на рынке Республики Беларусь с использованием алгоритма подачи данных о ценовых предложениях за отчетный период рисунок 1.

Контроль над предоставлением информации осуществляется государственными контролирующими органами, которые в системе представлены как роли «Куратор», «Оператор».

Ценовые предложения в системе формируются в рамках отчетных периодов, которые имеют временные рамки в один месяц. Доступность внесения ценовых предложений респондентами определяются контролирующими органами с открытием отчетного периода. Далее до момента закрытия с использованием механизмов расчета цены (расчета средней цены материалов рисунок 2) можно на любом этапе отследить заполнение данных и динамику изменение ценовых предложений в сравнении с прошлыми отчетными периодами.

После закрытия отчетного периода, внесение данных становится недоступным для рецензентов, лишь только контролирующие органы могут добавить новые данные, либо же отредактировать существующие по запросу организации респондента.

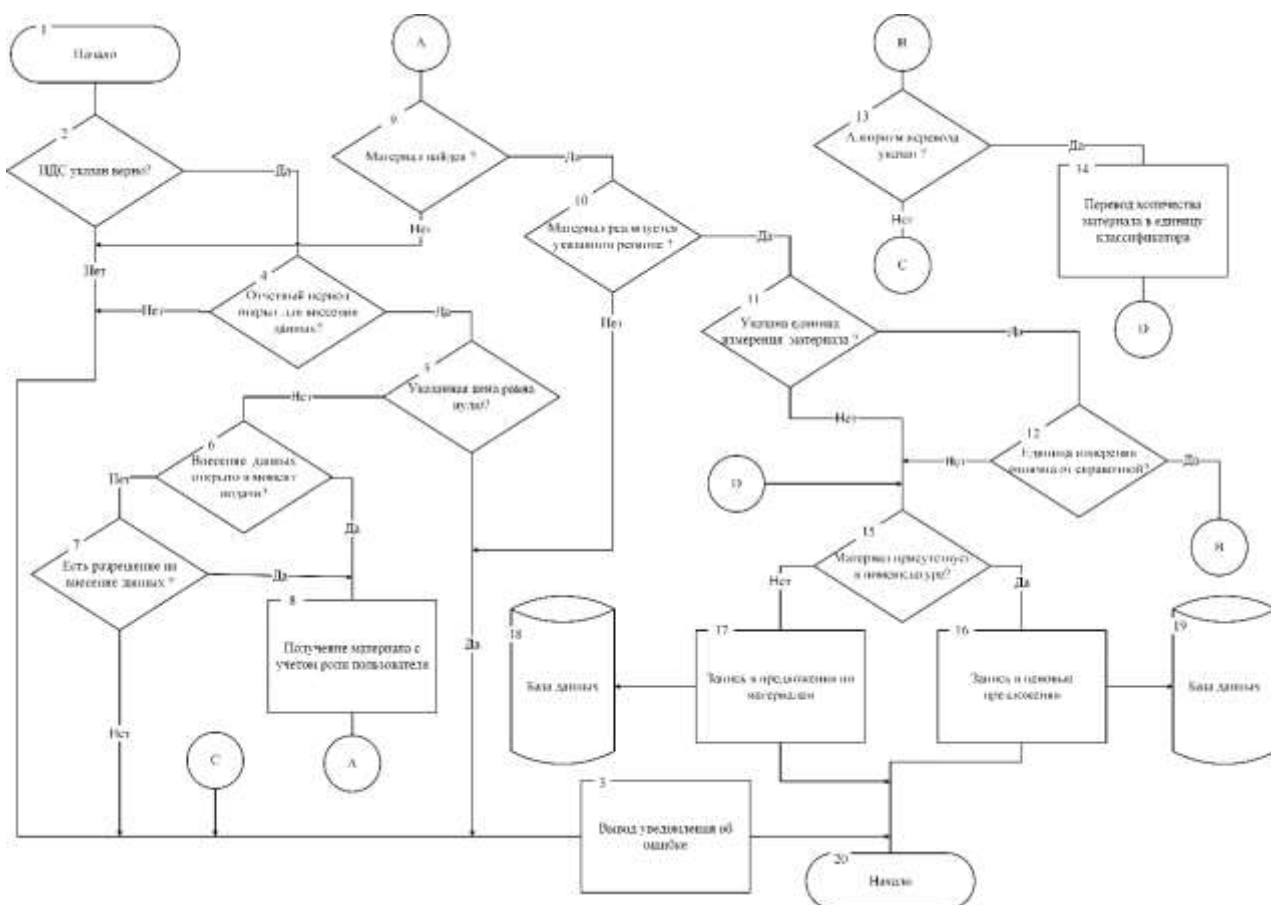


Рисунок 1 – Блок-схема алгоритма подачи данных о ценовых предложениях за отчетный период

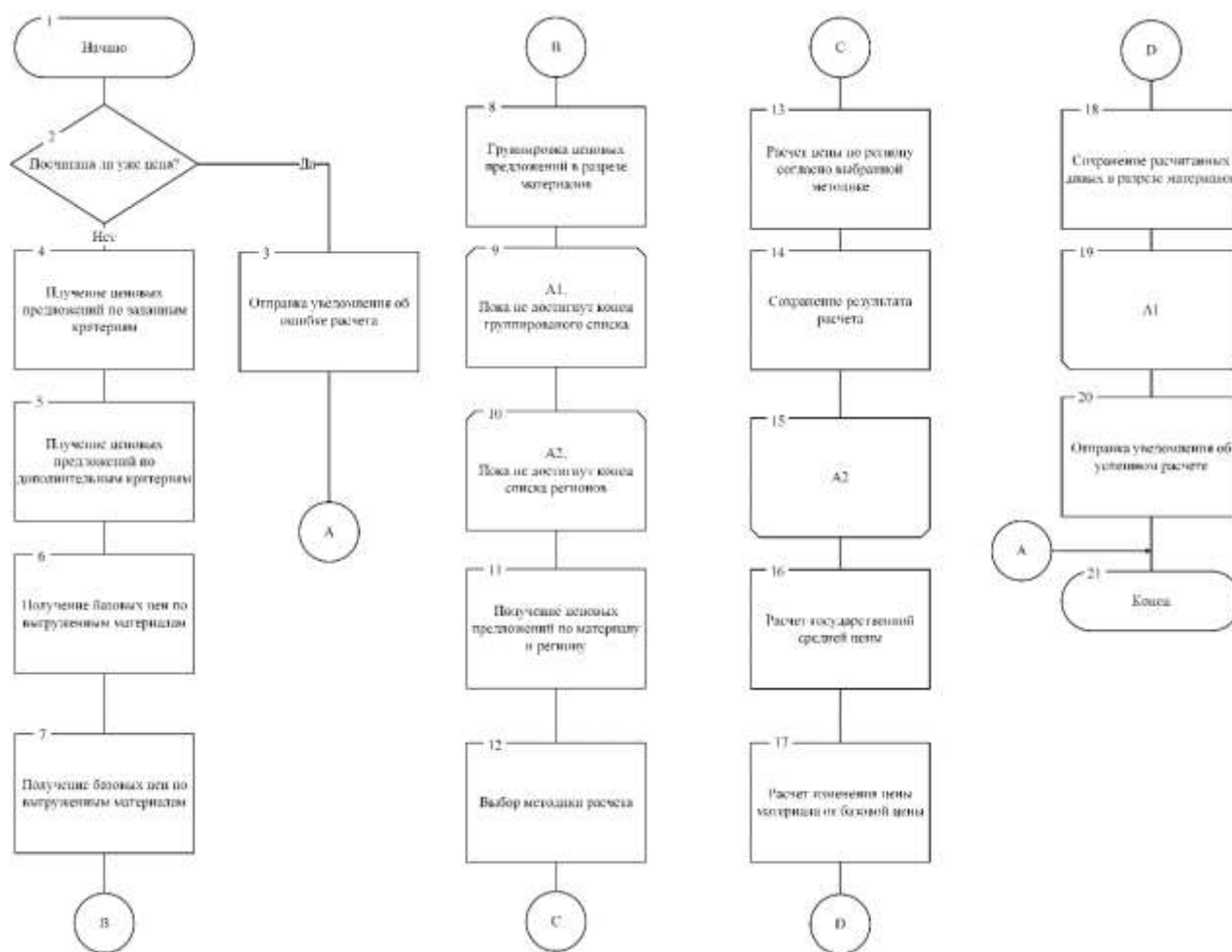


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритма расчета средней цены материалов

Заключение. Созданное программное средство решает важную задачу — автоматизацию процесса сбора, обработки и анализа данных о стоимости строительных материалов, что играет ключевую роль в повышении прозрачности и эффективности функционирования строительной отрасли Республики Беларусь. Основной целью разработки являлась поддержка и обновление республиканской нормативной базы цен на строительные ресурсы, а также предоставление разработчикам сметной документации актуальной информации о стоимости материалов.

UDC 004.68

INFORMATION AND REFERENCE SYSTEM FOR MONITORING PRICES OF CONSTRUCTION MATERIALS OF GOSSTROYPORTAL

Stsilba I.I., student, Potosky D.S., master's student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Potosky D.S. – Assistant

Annotation. This work is the result of the development of an information and reference system for monitoring prices for materials for the construction of the Gosstroyportal, whose task is to automate the process of collecting, processing and analyzing data on prices for building materials within the Republic of Belarus, as well as providing up-to-date information on the cost of building materials to developers of cost estimates.

Keywords. Construction Industry, regulatory framework, Automation, Gosstroyportal, Classifier.

УДК 004.738.5:796.07

ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЕ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ СОРЕВНОВАНИЙ ПО ПОЖАРНО-СПАСАТЕЛЬНОМУ СПОРТУ

Суббот Д.В., студент гр.181076

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
Институт информационных технологий
г. Минск, Республика Беларусь*

Шведова О.А. – магистр технических наук

Аннотация. Разработано веб-приложение для организации соревнований по пожарно-спасательному спорту. Система обеспечивает регистрацию и авторизацию пользователей, управление профилями, взаимодействие через чаты, а также формирование и обработку заявок. Реализованы функции составления расписания, проведения жеребьевки, автоматического формирования стартовых и итоговых протоколов. Приложение предоставляет возможности для управления соревнованиями судейской коллегией, включая подтверждение результатов, аннулирование забегов и формирование аналитических отчетов. Поддерживается экспорт данных в популярные форматы, а также доступ к справочной системе и администрированию. Решение направлено на автоматизацию процессов и повышение эффективности организации соревнований.

Ключевые слова. пожарно-спасательный спорт, веб-приложение, регистрация участников, управление соревнованиями, стартовые протоколы, итоговые протоколы, жеребьевка, расписание соревнований, автоматизация, судейская коллегия, аналитические отчеты, статистика.

Введение. Главной целью разработки веб-приложения является создание инструмента для автоматизации процессов, связанных с организацией и проведением соревнований по пожарно-спасательному спорту. Приложение предназначено для обеспечения прозрачности, точности и оперативности обработки данных на всех этапах соревнований [1].

Программное средство применяется в сфере пожарно-спасательного спорта для автоматизации следующих процессов:

- организация и администрирования соревнований;
- регистрации участников, тренеров, команд и судей;
- автоматического формирования расписаний, стартовых протоколов и распределения участников команд по забегам;
- введения и обработки результатов в режиме реального времени;
- обеспечения доступа к информации (как о ходе состязаний, так и об их результатах) всех участников соревновательного процесса.

Можно выделить следующие задачи, которые решает разработанное веб-приложение:

- автоматизация административных и организационных соревновательных процессов;
- сокращение времени на обработку данных и формирование отчетов, содержащих статистические и аналитические данные;
- минимизация ошибок, возникающих при ручном вводе данных;
- повышение доступности и прозрачности информации для всех заинтересованных сторон.

Основная часть.

Разработанное программное обеспечение решает следующие функции:

- регистрация и авторизация участников соревновательного процесса в системе, в том числе спортсменов, организаторов, тренеров и судей;
- управление данными личного кабинета пользователя системы;
- получение системных уведомлений, в том числе (при наличии соответствующей настройки пользователем) на указанную при регистрации электронную почту;
- осуществление переписки в личных или групповых чатах с пользователями системы;
- взаимодействие с профилями спортсменов, включающее поиск, сортировку и отображение сведений и достижений атлетов;
- создание и отбор соревнований по соревновательному сезону;
- составление, изменение и предоставление программы проведения соревнований;
- просмотр календаря предстоящих событий в личном кабинете;
- конфигурирование расписания и перечня дисциплин соревнований;
- обработка заявок на участие в соревнованиях участников и судей;
- разработка заявок тренерами с определением перечня участников в команде и их распределению по дисциплинам с указанием типа участия (личный или общекомандный зачет);
- проведение жеребьевки между командами-участниками соревнований;
- автоматическое формирование стартовых протоколов участников и команд;
- отображение расписания забегов в личных кабинетах участников соревнований и других авторизованных пользователей системы;

- управление соревнованиями в пределах полномочий судейской коллегией, включающие выдачу предупреждений и дисквалификацию участников, аннулирование результатов забегов отдельных участников, а также подтверждение итогового времени участников (в случае отсутствия замечаний или нарушений);

- автоматическая загрузка в систему и вывод на экран итоговых протоколов по запросу пользователя с результатами соревнований с возможностью их печати на бумажном носителе и экспорта в форматы Word, Excel и PDF;

- предоставление справочной системы приложения в соответствии с присвоенной в ходе авторизации в системе роли;

- формирование статистических сводок и аналитических отчетов;

- администрирование системы, включающее рассылку уведомлений пользователям, отправку запросов в базу данных из интерфейса веб-приложения и управление учетными записями пользователей (активация и деактивация учетной записи, а также обновление данных, необходимых для авторизации пользователя в системе).

На рисунке 1 представлен интерфейс страницы «Забег», предназначенный для управления процессом ввода результатов соревновательных забегов. Дополнительно предусмотрены элементы для отображения прогресса и удобной навигации между забегами.

Актуальность разработки обусловлена необходимостью модернизации процессов организации соревнований. В настоящее время значительная часть задач выполняется вручную или с использованием разрозненных инструментов, что приводит к повышению трудоемкости работы организаторов, ошибкам и неточностям при ручной обработке данных, а также задержкам в предоставлении результатов [2].

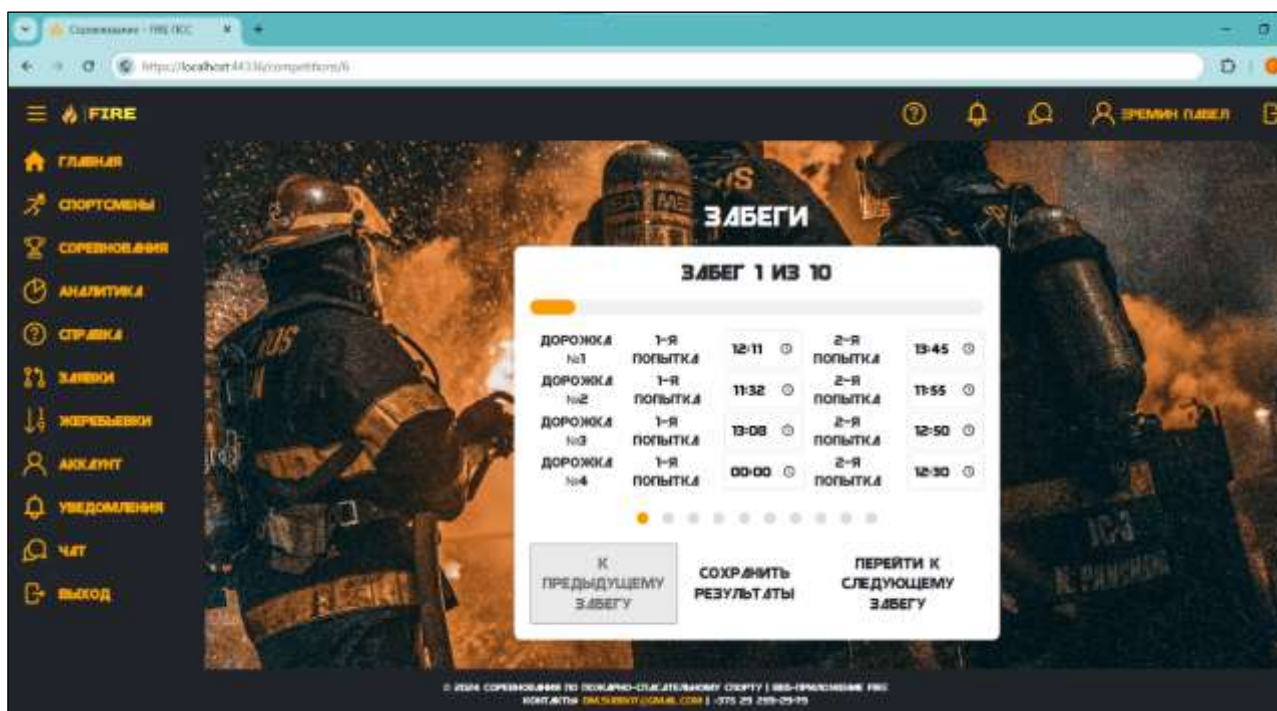


Рисунок 1 – Страница «Забег» веб-приложения

Использование разработанного веб-приложения позволит устранить эти проблемы, повысив эффективность и удобство при организации соревнований, тем самым добиваясь следующего эффекта:

- сокращение времени, затрачиваемого на регистрацию участников, обработку данных и формирование отчетов;

- повышение точности, исключение ошибок, связанных с ручной обработкой информации;

- прозрачность процессов за счет возможности отслеживания результатов в реальном времени всеми участниками соревновательного процесса;

- улучшение имиджа образовательного учреждения, поскольку применение современного программного решения способствует повышению доверия со стороны участников и зрителей;

- снижение затрат посредством сокращения объема ручной работы и оптимизации использования трудовых и иных ресурсов.

На начальном этапе разработки была определена актуальность разработки веб-приложения для организации соревнований по пожарно-спасательному спорту. Указано, что данное приложение ориентировано на решение специфических задач данного вида спорта и является бесплатным решением, что повышает его доступность. Также обозначены цели и задачи работы, включая анализ

существующих решений, выбор технологий, разработку программного обеспечения и его экономическое обоснование.

Описание предметной области показало ключевые особенности проведения соревнований по пожарно-спасательному спорту, включая специфику работы с данными о забегах, участниках и условиях соревнований.

Обзор существующих аналогов выявил сильные и слабые стороны аналогичных решений. Большинство аналогов оказались универсальными платформами, которые не адаптированы к потребностям пожарно-спасательного спорта.

На этапе выбора средств разработки были обоснованы технологии, включая язык программирования (C#), фреймворки (ASP.NET Core MVC для бэкенда, Bootstrap для фронтенда) и системы управления базами данных (MS SQL Server).

Постановка задачи сформулировала цели проекта: разработка веб-приложения с минималистичным интерфейсом, учитывающим специфику данного спорта, и функционалом для управления соревнованиями, регистрации участников и формирования протоколов различных видов.

Функциональная модель описала ключевые процессы: регистрацию участников, ввод результатов забегов, генерацию отчетов и управление соревнованиями. Использование диаграммы вариантов использования и диаграммы деятельности позволило наглядно представить функциональность системы.

Информационная модель базы данных включала проектирование структуры, содержащей 35 сущностей для описания участников, соревнований, забегов и результатов.

В спецификации требований были четко определены функциональные и нефункциональные требования к системе, включая производительность и безопасность данных.

Обоснование ограничений рассмотрело технические, организационные и правовые аспекты, которые повлияли на проектирование и реализацию системы.

В качестве архитектуры веб-приложения был выбран клиент-серверный подход с модульной структурой с шаблоном проектирования MVC, что обеспечивает масштабируемость и гибкость системы.

Разработанные общие алгоритмы позволили оптимизировать и графически отобразить процесс формирования стартового протокола и определения победителя забегов соревновательного дня.

Проектирование интерфейса включало разработку страниц для регистрации, ввода результатов, просмотра данных о соревнованиях и работы с отчетами. Интерфейс был оптимизирован для простоты и удобства.

Проектирование базы данных подтвердило эффективность структуры, содержащей 35 таблиц. Она была нормализована для минимизации избыточности данных и оптимизации запросов.

В технических требованиях для тестирования были описаны критерии оценки, включая производительность, стабильность и безопасность.

Порядок проведения испытаний включал тестирование функциональных возможностей и интерфейса. Программное средство успешно прошло тесты, продемонстрировав соответствие всем заявленным требованиям.

Руководство по эксплуатации программного средства подробно описало процесс установки, настройки и эксплуатации приложения. Руководство включает пошаговые инструкции для пользователей, а также рекомендации по устранению потенциальных ошибок.

В рамках технико-экономического обоснования было проведено расчет инвестиций на разработку, включающих трудозатраты и приобретение необходимого оборудования, рассчитан экономический эффект от внедрения приложения, включая сокращение временных и финансовых затрат на организацию соревнований.

Таким образом, в ходе работы был проведен комплексный анализ предметной области, изучены существующие аналоги и выбраны оптимальные технологии для разработки. Спроектированы функциональные и информационные модели, которые обеспечивают надежность и производительность системы. Разработанное веб-приложение успешно прошло тестирование, подтвердив свою готовность к эксплуатации. Экономические расчеты показали, что внедрение приложения снижает затраты на организацию соревнований, делая процесс более эффективным и доступным, а затраты на разработку и внедрения окупятся в течение первых шести месяцев после внедрения. Таким образом, поставленные задачи были выполнены в полном объеме, а результат разработки удовлетворяет требованиям целевой аудитории. В результате проделанной работы можно сделать вывод о целесообразности разработки веб-приложения для организации соревнований по пожарно-спасательному спорту.

Преимущества разработанного программного средства заключаются в автоматизации процессов, улучшении управления соревнованиями и повышении качества предоставляемых услуг для участников и организаторов. Оно позволяет минимизировать ручной труд, сокращая вероятность ошибок, и обеспечивает удобный доступ к данным в реальном времени. В результате проведение соревнований стало более организованным, прозрачным и удобным для всех сторон, что положительно сказывается на общем впечатлении пользователей. Кроме того, его адаптация под специфические требования пожарно-спасательного спорта делает его уникальным и востребованным среди целевой аудитории.

Недостатки связаны с необходимостью обеспечить соответствие требованиям безопасности данных и высокую производительность системы, что потребовало дополнительных ресурсов на этапе реализации. Также сложность внедрения современных технологий увеличила время на обучение пользователей и адаптацию приложения к специфическим условиям эксплуатации. В некоторых случаях требуется дальнейшая оптимизация интерфейса и функционала для обеспечения максимальной эффективности и удобства работы.

Заключение.

В результате разработки веб-приложения для организации проведения соревнований по пожарно-спасательному спорту, были достигнуты следующие результаты:

- изучены особенности предметной области, что позволило выявить основные потребности организаторов соревнований, судей и участников, и определить ключевые аспекты функциональности системы;
- проведен анализ технологий разработки веб-приложений, в ходе которого исследованы современные фреймворки и инструменты, что обеспечило выбор оптимального стека технологий для реализации проекта;
- обзор существующих аналогов показал недостатки текущих решений, такие как ограниченные функциональные возможности и отсутствие интеграции с современными сервисами, что стало основой для разработки уникальных функций, таких как автоматизированная генерация расписания и интеграция с системами обработки результатов;
- сформулированы основные функциональные требования, включая управление участниками и командами, планирование соревнований и обработку результатов, что обеспечило четкое понимание задач системы и ее назначения;
- разработана информационная модель базы данных, включающая сущности «Спортсмен», «Команда», «Соревнование», «Забег», «Результаты», «Судья» и другие, что гарантирует эффективное хранение и обработку данных;
- подготовлена спецификация требований, описывающая как функциональные, так и нефункциональные аспекты приложения, что станет основой для дальнейшего проектирования и разработки;
- обоснованы ограничения проекта, такие как временные рамки, бюджетные ограничения и требования к безопасности данных, что позволяет заранее определить возможные риски и пути их минимизации;
- в ходе моделирования предметной области выявлены критические процессы и взаимодействия, что обеспечило понимание всей системы и её архитектуры.

Работа, проделанная в ходе разработки веб-приложения, создает надежную основу для дальнейшего развития и внедрения веб-приложения, что будет способствовать более эффективному проведению соревнований и повышению их привлекательности для участников и зрителей.

Список использованных источников:

1. Германов, Г. Н. Пожарно-спасательный спорт : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. Н. Германов, А. Н. Корольков, В. Д. Шалагинов, И. В. Машошина. – М. : Издательство Юрайт, 2021. – 394 с.
2. Международная спортивная федерация пожарных и спасателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.interfiresport.com/>.

UDC 004.738.5:796.07

WEB APPLICATION FOR ORGANIZING FIRE AND RESCUE SPORTS COMPETITIONS

Subbot D.V., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Shvedova O.A. – Master of Technical Sciences

Annotation. The web application facilitates organizing fire and rescue sports competitions. It supports user registration, profile management, chat interactions, scheduling, and application processing. Features include automated generation of starting and final protocols, race management by the judging panel, and analytical reporting. The system enables result confirmation, race cancellation, and data export in various formats. Additionally, it offers access to a help system and administrative tools. Designed to automate key processes, the application improves efficiency in managing competitions, streamlining operations for participants, judges, and organizers alike.

Keywords. fire and rescue sports, web application, registration of participants, competition management, start protocols, final protocols, draw, competition schedule, automation, judging panel, analytical reports, statistics.

УДК 004.4 + 629.3.083.4

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО СРЕДСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ СТАНЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Табанец М.С., студент гр.181076

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий
г. Минск, Республика Беларусь*

Кунцевич О.Ю. – канд. пед. наук, доцент, доцент кафедры ИСиТ

Аннотация. Рассмотрена актуальность разработки программного средства, обозначены ее цель и задачи. Описаны средства разработки, последовательность процессов, алгоритмы, основные и вспомогательные формы в программном средстве, представлен пример окон пользовательского интерфейса. Протестированы функции в ходе практического применения. Разработка проводилась с использованием языка программирования C#. Для хранения данных была создана реляционная база данных в Microsoft SQL Server. Обозначены функции форм и основные уникальные возможности программного средства.

Ключевые слова. Программное обеспечение, разработка приложений, автоматизация, станция технического обслуживания

Введение. Современные станции технического обслуживания играют ключевую роль в поддержании работоспособности и безопасности транспортных средств. Однако, рост числа клиентов, разнообразие предоставляемых услуг и увеличивающийся объем данных ставят перед такими предприятиями серьезные вызовы в организации эффективного управления. Для обеспечения конкурентоспособности и удовлетворения потребностей клиентов важно минимизировать время обработки информации, исключить человеческие ошибки (снизить количество «ручных» операций) и обеспечить доступ к актуальной информации для всех участников процесса [1].

Традиционные методы управления данными, включающие «ручной» ввод информации (например, на бумажных носителях) и использование разрозненных инструментов, таких как электронные таблицы, часто оказываются недостаточно эффективными. Они не позволяют оперативно анализировать визуальные данные, учитывать нагрузку мастеров и генерировать отчеты. В результате повышается риск ошибок и процесс получения и анализа информации оказывается значительно дольше запланированного.

Автоматизация процессов управления станцией технического обслуживания становится важным направлением развития отрасли, поскольку способствует оптимизации ресурсов, снижению операционных затрат и повышению качества предоставляемых услуг. Использование современных программных решений позволяет интегрировать различные аспекты деятельности станций технического обслуживания в единую систему, обеспечивая удобный доступ к данным и инструменты для их анализа с возможностью последующих взаимодействий с прочими бизнес-процессами.

В рамках исследования было разработано программное средство «Service Station», ориентированное на автоматизацию работы станций технического обслуживания. Оно предоставляет функционал для внесения и управления информацией о клиентах, транспортных средствах, заказах, запчастях и др., а также для формирования отчетов и анализа выполненных работ. Данное решение направлено на обеспечение высокой точности учета, упрощение процессов эксплуатации, а также повышения производительности сотрудников станций технического обслуживания.

Целью данной статьи является описание ключевых аспектов разработки программного средства «Service Station», его архитектуры и функциональных возможностей, демонстрация его визуального отображения, а также тестирования ведущих функций в ходе практического применения.

В качестве объекта исследований выступает станция технического обслуживания.

Средой разработки программного средства выбрана Microsoft Visual Studio, языком разработки – C#, системой управления базами данных – Microsoft SQL Server и интегрированная среда Server Management Studio [2].

Основная часть. Для описания процесса работы станции технического обслуживания и структуризации ключевых этапов взаимодействия различных элементов системы была разработана диаграмма деятельности. Диаграмма отражает основные процессы, происходящие на станции технического обслуживания, начиная от процесса авторизации до описания возможностей на каждой из форм программного средства. Диаграмма деятельности позволяет наглядно представить последовательность процессов, их взаимосвязь, что служит основой для анализа и дальнейшей автоматизации работы станции технического обслуживания.

Диаграмма деятельности изображена на рисунке 1. Настоящая диаграмма деятельности позволяет увидеть методику взаимодействия элементов программного средства «Service Station». Табличные окна отражают основные и вспомогательные формы для изменения данных.

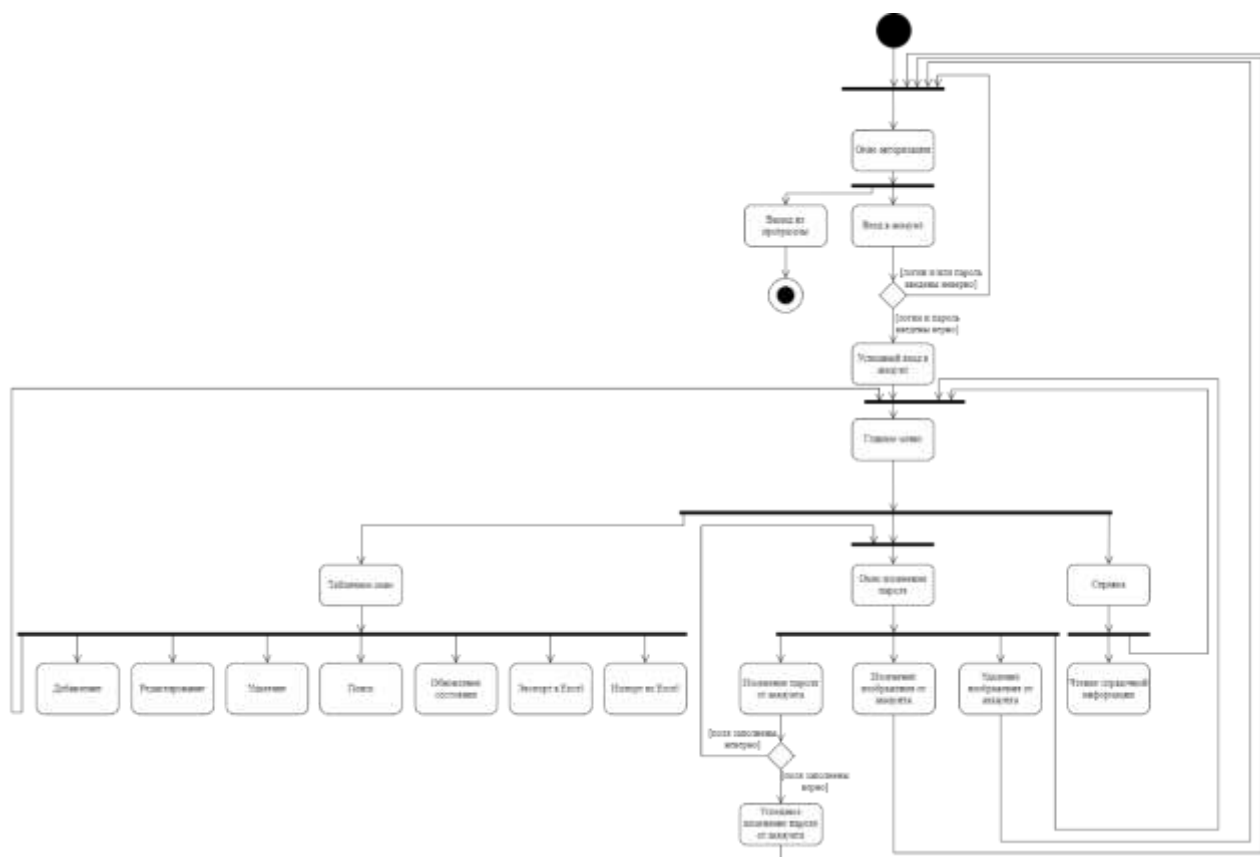


Рисунок 1 – Диаграмма деятельности

Одной из наиболее интересных и уникальных возможностей программного средства является алгоритм экспорта данных в Microsoft Excel, позволяющий пользователям формировать удобные для анализа и представления отчеты. Благодаря данному методу обеспечивается гибкость работы с данными. На рисунке 2 изображена часть алгоритма экспорта данных.

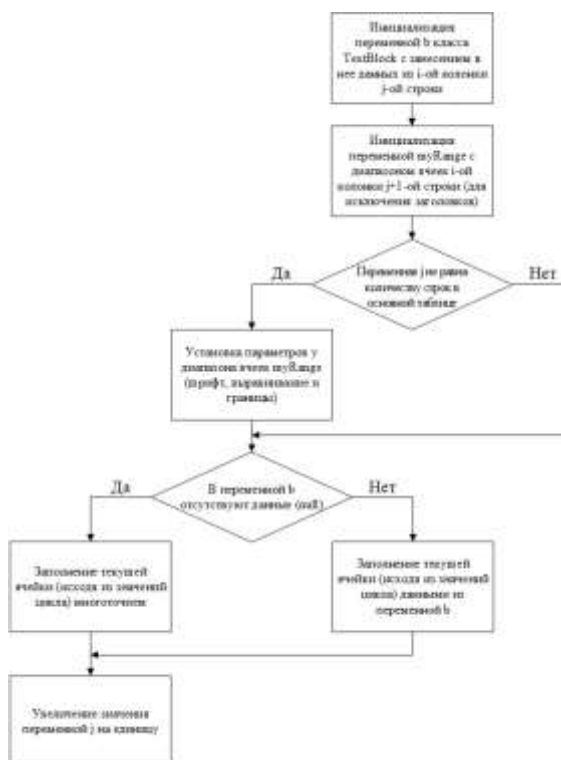


Рисунок 2 – Алгоритм экспорта данных

Уникальность данного участка алгоритма (кода) заключается в возможности экспорта данных из таблицы с любой схемой и данными, без привязки к определенным типам данных, участвующих в процессе экспорта и количества столбцов.

В дополнение, данный участок алгоритма позволяет задать в определенном диапазоне ячеек особые свойства, например: стиль шрифта (включая размер), его выравнивание, а также возможность использования обрамленных границ диапазона ячеек для удобства и привлекательности отображения данных в непосредственной таблице.

Алгоритм экспорта данных создает особое оформление, благодаря которому имеется возможность импортировать данные в другие системы (отдельные сервера с данными).

Применительно к демонстрации визуального отображения имеется возможность привести изображения, представленные на рисунке 3.

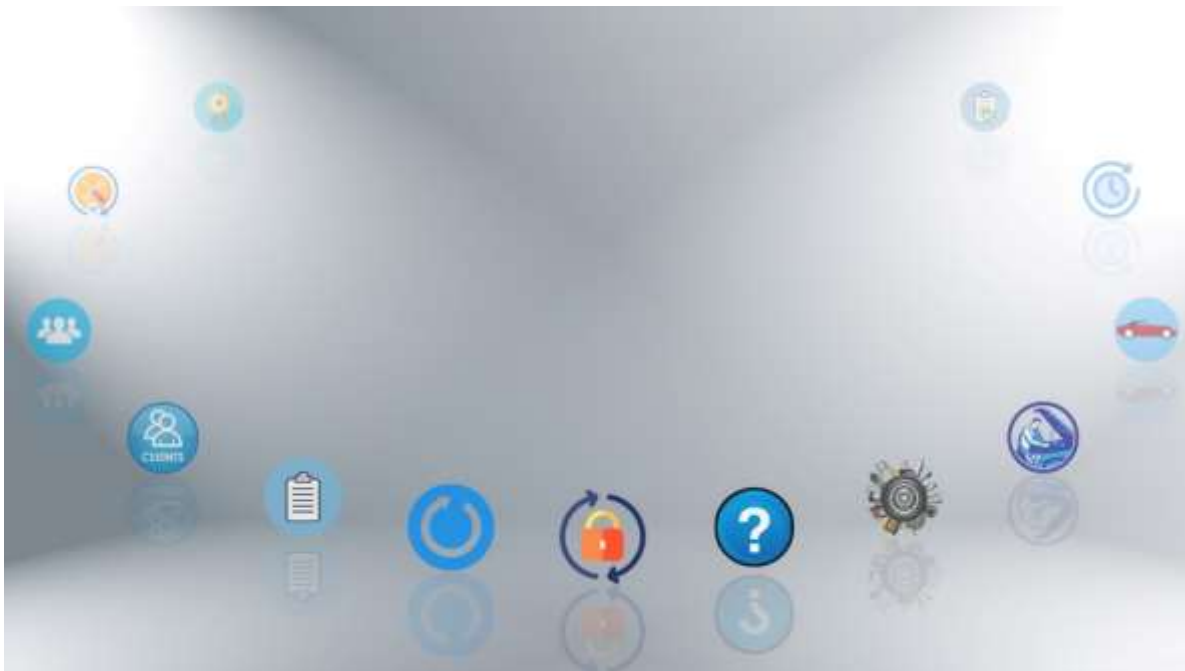


Рисунок 3 – Главное меню программного средства «Service Station»

Главное меню программного средства выступает как промежуточное звено между всеми остальными функциональными окнами.

Пользователь может перемещаться между пунктами в главном меню при помощи стрелочек – в таком случае пункты будут передвигаться вправо или влево внутри карусели. Пропадающие пункты при перемещении будут оказываться на противоположной стороне.

В программном средстве имеются основные и вспомогательные (вторичные) формы.

К основным формам относятся: клиенты, запчасти, транспортные средства, сотрудники, заказы, услуги, пользователи. К вспомогательным формам относятся: форма авторизации, главное меню, форма изменения пароля и изображения, справка, завершённые заказы, журнал действий, форма выполнения SQL запросов.

На основных формах пользователь может осуществлять сопоставление данных из таблиц, добавление данных в таблицы, редактирование данных из таблиц, удаление данных из таблиц, поиск данных в таблицах, а также выполнять экспорт или импорт данных в/из Microsoft Excel.

Для возможности выполнения действий с данными пользователь должен иметь соответствующие роли в программном средстве, выданные администратором системы.

Каждая из основных форм программного средства имеет схожий дизайн интерфейса и отличаются колонками в списке и окнами добавления и изменения, что в свою очередь позволяет пользователю достаточно быстро адаптироваться к интерфейсу программного средства.

На вспомогательных формах пользователь может выполнять действия, которые позволяют ему взаимодействовать с второстепенными данными системы (смена пароля и изображения от аккаунта, выполнение SQL-запросов, чтение справочной информации или взаимодействие с данными из форм, являющимися отождествленными от основных (завершённые заказы, рейтинг мастеров и т.д.). Для этого пользователь должен иметь доступ к основным формам, которые связаны с второстепенной формой или права администратора.

В программном средстве «Service Station» имеется логирование действий пользователей, которые выполняют манипуляции с данными, авторизуются или выходят из программного средства и др. В целях тестирования необходимо отследить кто из администраторов системы добавил пользователя user, какие права ему были выданы и в какую дату и время данный аккаунт был создан.

Решение данного вопроса заключается во входе в форму «Журнал действий», переходу в расширенное функциональное окно (посредством нажатия на кнопку «Подробнее») и ввода текста «user» в названии сущности. Результат представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Поиск добавления пользователя

Благодаря данному тестированию осуществлена проверка работоспособности программного средства, а также показана возможность практического применения расширенных функциональных окон в ходе эксплуатации программного средства «Service Station».

Заключение. Разработанное программное средство предоставляет каждому пользователю системы доступ к определенным данным и действиям в соответствии с его ролями. Гибкость настройки прав доступа обеспечивает высокую безопасность и персонализацию работы.

Администраторы системы имеют возможность управлять правами пользователей через специально разработанный графический интерфейс. Данный интерфейс интуитивно-понятен, что упрощает процесс назначения ролей и минимизирует вероятность ошибок. Пользователи с различными уровнями доступа могут работать в системе одновременно, не опасаясь утечек или некорректного использования данных.

Пароли пользователей в системе обрабатываются с учетом современных требований к безопасности и хранятся в базе данных в зашифрованном виде, что предотвращает возможность их прямого прочтения или кражи в случае несанкционированного доступа к данным. Для шифрования используется надежная криптографическая хэш-функция SHA-512. SHA-512 является частью семейства алгоритмов SHA-2 и обеспечивает высокий уровень защиты благодаря своей устойчивости к криптографическим атакам, включая атаку подбором и атаку на коллизии. При этом сам алгоритм генерирует уникальный 512-битный хэш для каждого пароля, что делает невозможным восстановление исходного текста пароля на основе хэша [3].

Основные уникальные возможности программного средства, отличающие его от аналогов, заключаются в гибкой настройке прав доступа, доступности и простоте использования, современном интуитивно-понятном для пользователя дизайне, высокой скорости работы, отсутствием необходимости в постоянном подключении к интернету, отсутствием обязательных платежей, демоверсий и рекламы. Программное средство находится в работоспособном состоянии и готово к полноценной эксплуатации. Его структура и архитектура предусматривают возможность дальнейшей модернизации и расширения функционала, что позволяет учитывать изменения в бизнес-процессах и внедрять новые функции без существенных затрат времени и ресурсов.

Список использованных источников:

1. Маркетинговая стратегия повышения прибыли СТО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://works.doklad.ru/view/TQjnRCO8GMU/all.html>.
2. Техническая документация по SQL Server [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/sql/sql-server/?view=sql-server-ver16>.
3. Хэш-функция SHA-512 в C# [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/dotnet/api/system.security.cryptography.sha512>.

UDC 004.4 + 629.3.083.4

MAIN ASPECTS OF DESIGNING A SOFTWARE TOOL FOR AUTOMATION OF A SERVICE STATION

Tabanets M.S., student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Kuntsevich O.Yu. – Candidate of Pedagogic Sciences, Associate Professor

Annotation. The relevance of software development is considered, goals and objectives are outlined. The development tools, sequence of processes, algorithms, main and auxiliary forms in the software tool are described, an example of user interface windows is presented. The functions were tested in the course of practical application. The development was carried out using the C# programming language. A relational database in Microsoft SQL Server was created to store data. The functions of forms and the main unique features of the software tool are outlined.

Keywords. Software, application development, production automation.

УДК 621.372.512

СОГЛАСОВАНИЕ J-АНТЕННЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЯЮЩЕГОСЯ ИМПЕДАНСА

Вей Ян Тан Тхайк, магистрант

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь

Дубовик И. А. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. Представлены результаты синтеза согласующего устройства для J-антенны, обеспечивающего коэффициент стоячей волны (КСВ) не более 2,5 в условиях изменения импеданса антенного устройства до 40 Ом в рабочем диапазоне частот.

Ключевые слова. Согласование, импеданс, векторный анализатор, коэффициент передачи.

Введение. Современные радиотехнические системы требуют высокой эффективности передачи мощности сигнала, особенно в условиях изменяющегося импеданса нагрузки. J-антенны, широко используемые в комбинированных сейсмических датчиках, подвержены влиянию внешних факторов, таких как попадание инородных предметов (ветки, снег) между излучателем и обвесом, что приводит к значительным изменениям импеданса [1-2]. Это может вызвать снижение уровня передачи мощности и образование "слепых зон" в системе.

Основная часть. Для анализа влияния внешних условий на импеданс J-антенны проведены измерения с использованием векторного анализатора NanoVNA [3]. Исследованы следующие сценарии: штатные условия (антенна в земле); попадание ветки между излучателем и обвесом; попадание снега между излучателем и обвесом; при расположении антенны на дереве. Результаты измерений показаны на рисунке 1.

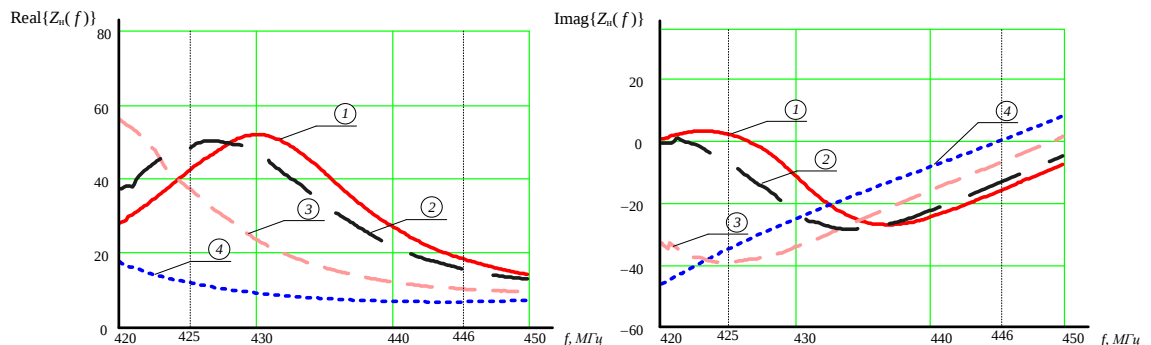


Рисунок 1 – Зависимость импеданса антенного устройства J-антенны установленной:
1 – в землю; 2 – на дереве; 3 – в землю при попадании ветки; 4 – в землю при попадании снега

Анализируя полученные зависимости (рисунок 1), можно сделать вывод о том, что во всем рабочем диапазоне частот имеются отклонения импеданса антенного устройства (АУ) относительно эталонных значений (штатных условий). Следует заметить, что на определенных частотах изменения импеданса АУ весьма значительные (изменение как реальной, так и мнимой составляющей до 40 Ом, что составляет 80% от сопротивления J-антенны равное 50 Ом)). Исходя из этого, уместно оценить влияние изменения импеданса АУ на функцию коэффициента передачи мощности (КПМ). Результаты влияния изменения импеданса на уровень КПМ представлены на рисунке 2.

Проанализировав полученные результаты (рисунок 2), можно сделать вывод о том, что наибольшее негативное влияние наблюдается при попадании снега или ветки между излучателем и противовесом. Это приводит к уменьшению уровня передачи мощности до 0,4 (КСВ = 7), что увеличит потери передающей системы комплекса и уменьшит качество функционирования радиосети. Таким образом, возникает необходимость в расчете согласующей цепи [4], которая обеспечит высокое значение уровня КПМ в изменяющемся импедансе J - антенны.

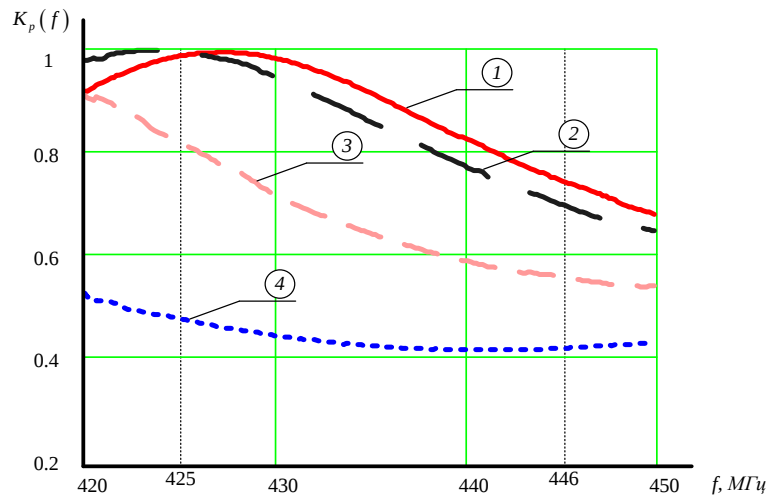
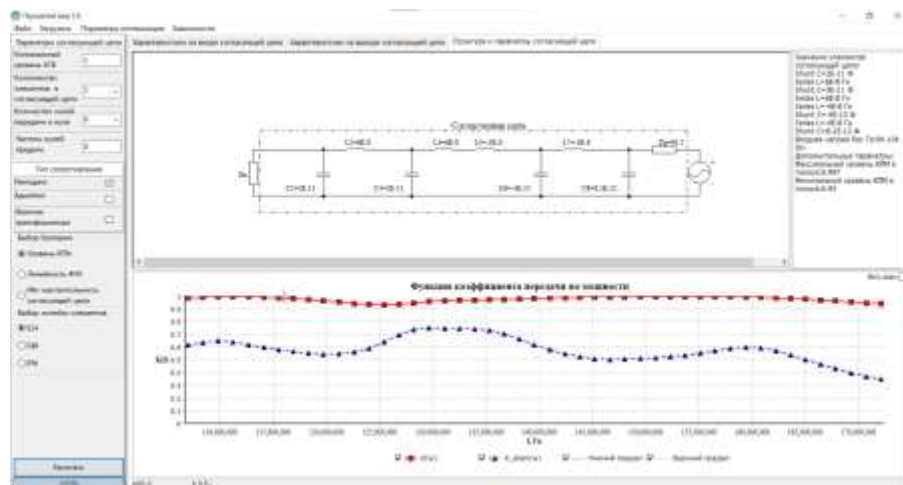


Рисунок 2 – Зависимость функции КПМ антенного устройства J-антенны от частоты, установленной: 1 – в землю; 2 – на дереве; 3 – в землю при попадании ветки; 4 – в землю при попадании снега

Для расчета согласующей цепи было использовано специализированное программное обеспечение (рисунок 3) [4-5], с помощью которого возможно синтезировать согласующие цепи, обеспечивающие минимальное значение инварианта чувствительности с допустимым отклонением уровня КПМ.



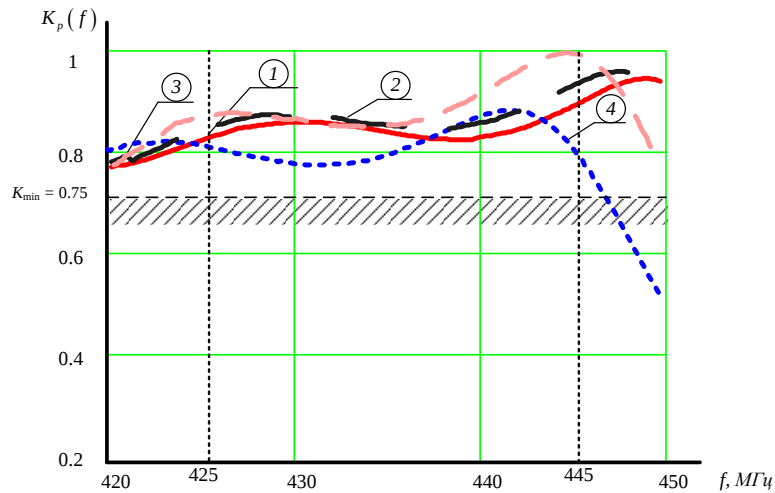


Рисунок 5 – Зависимость функции КПМ антенного устройства J-антенны с синтезированным СУ от частоты, установленной: 1 – в землю; 2 – на дереве; 3 – в землю при попадании ветки; 4 – в землю при попадании снега

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод о том, что синтезированное с помощью разработанной методики СУ обеспечивает требуемое значение уровня КПМ АУ при нахождении его в различных условиях обстановки (попадании инородных предметов на антенну), так при отклонении импеданса J-антенны до 25 Ом (50 % от номинального значения) $K_p(f) \geq 0,8$. Исходя из полученных результатов, можно убедиться в том, что отклонение во всем рабочем диапазоне частот составляют не более 25 % от максимального значения уровня КПМ ($K(f) = 1$).

На основе рассчитанного согласующего устройства изготовлен макет, представленный на рисунке 6. Макет согласующего устройства был реализован с помощью SMD элементов из ряда стандартных номиналов E 24 фирмы «Murata Manufacturing» [7] с номиналами: C_1 – 100 пФ, L_2 – 13 нГн, L_3 – 22 нГн, C_4 – 12 пФ, L_5 – 33 нГн, C_6 – 15,2 пФ, C_7 – 16,4 пФ.



Рисунок 6 – Снимок синтезированного согласующего устройства

Для проверки полученных результатов были проведены экспериментальные исследования, в ходе которых выполнены измерения коэффициента стоячей волны АУ в наихудших случаях в рамках проведенного эксперимента (при попадании ветки и снега между излучателем и обвесом). В качестве примера на рисунке 7 представлены снимки экспериментальных исследований, выполняемых в лесном массиве.

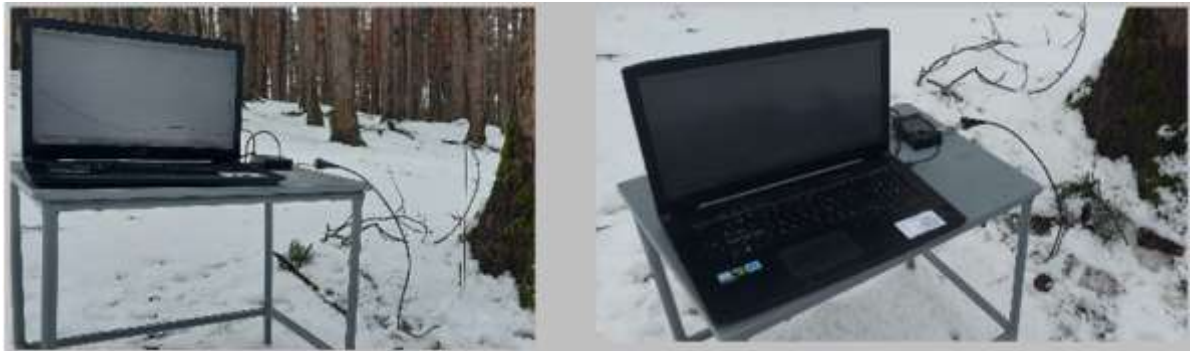


Рисунок 7 – Измерение уровня КСВ J-антенны при попадании снега или ветки между излучателем и обвесом

Результаты экспериментальных исследований представлены на рисунке 8 в виде зависимости КСВ J-антенны от частоты, где сплошной линией отображается зависимость функции КСВ J-антенны совместно с синтезированным согласующим устройством, а штриховой – без него.

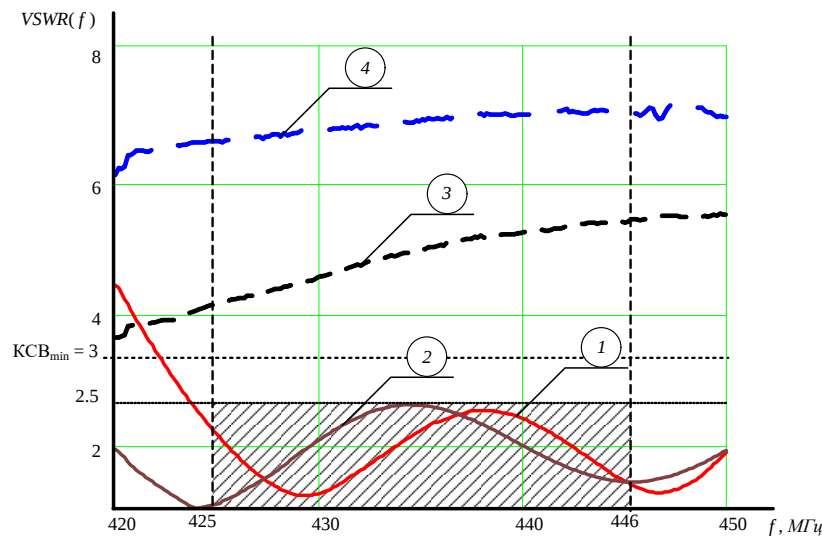


Рисунок 8 – Зависимость КСВ J-антенны от частоты: 1 – с синтезированным СУ при попадании снега; 2 – с синтезированным СУ при попадании ветки; 3 – при попадании ветки; 4 – при попадании снега

Таким образом, исходя из полученных результатов (рисунок 8), можно сделать вывод о том, что синтезированное СУ обеспечивает уменьшение степени влияния вариаций импеданса нагрузки на уровень передачи мощности (КПМ, КСВ) J-антенны вызванного попаданием инородных предметов между излучателем и обвесом, о чем свидетельствует значение $КСВ \leq 2,5$ в рабочем диапазоне частот.

Заключение.

Разработанное согласующее устройство позволяет значительно улучшить устойчивость J-антенны к изменению импеданса, вызванному внешними факторами. Это обеспечивает надежную работу радиосети в различных условиях эксплуатации.

Список использованных источников:

1. Быстроразвертываемый сигнализационный комплекс нового поколения «Паук» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ruqrz.com/dvuhdiapazonnaya-j-antenna-na-vysokochastota/>. – Дата доступа: 10.04.2025.
2. Двухдиапазонная J-антенна на высокочастотные КВ диапазоны [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.demeres.com/>. – Дата доступа: 10.04.2025.
3. Обзор векторного анализатора цепей NanoVNA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://radiochief.ru/radio/obzor-vektornogo-analizatora-tsepej-nanovna>. – Дата доступа: 10.04.2025.
4. Дубовик, И. А., Бойкачев, П. В., Исаев, В. О. Комплексный критерий синтеза широкополосных согласующих устройств на основе инварианта чувствительности // И.А. Дубовик, П.В. Бойкачев, В.О. Исаев // Республиканская научно-техническая конференция «Информационные радиосистемы и радиотехнологии 2020». – Минск: БГУИР, 2020. – С. 41–44.
5. Дубовик, И. А., Бойкачев, П. В., Исаев, В. О., Дмитренко, А. А. Методы синтеза согласующих цепей для широкополосных радиотехнических устройств с нестабильным импедансом нагрузки. Доклады БГУИР. 2021;19(1):61-69
6. Guide to MWO: NI AWR Design Environment v14 Edition. El Segundo, CA; 2018
7. Chip inductors (chip coils) // Murata manufacturing [Electronic resource] Mode of access: <https://www.murata.com/products/catalog/pdf/>. – Date of access: 10.04.2025.

UDC 621.372.512

MATCHING J-ANTENNA UNDER CHANGING IMPEDANCE CONDITIONS

Wei Yan Thanh Thaik, master's student

Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus

Dubovik I. A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The results of the synthesis of a matching device for a J-antenna are presented, ensuring a standing wave ratio (SWR) not exceeding 2.5 under conditions of antenna impedance variation up to 40 ohms within the operating frequency range.

Keywords. Matching, Impedance, Vector Analyzer, Transmission Coefficient, gain.

УДК 621.396.96

АНАЛИЗ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭФФЕКТИВНОЙ ПЛОЩАДИ РАССЕЯНИЯ МАЛОРАЗМЕРНОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА DJI PHANTOM 3 PRO

Е Каунг Мьят, магистрант

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Храменков А. С. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. В статье представлены результаты исследования статической эффективной площади рассеяния (ЭПР) малоразмерного беспилотного летательного аппарата DJI Phantom 3 PRO для частот 3, 9,3 и 12 ГГц на линейной горизонтальной и вертикальной поляризациях. Исследование ЭПР проводилось методом электродинамического моделирования с использованием специализированного пакета программ CST STUDIO SUITE 2019. В результате анализа отражающих свойств беспилотного летательного аппарата DJI Phantom 3 PRO получены диаграммы обратного вторичного излучения, вычислено среднее значение ЭПР, по критерию согласия Колмогорова-Смирнова и информационному критерию Акаике оценен вид закона распределения ЭПР.

Ключевые слова. Эффективная площадь рассеяния, малоразмерный беспилотный летательный аппарат, диаграмма обратного вторичного излучения, закон распределения.

Введение.

Радиолокаторы играют важную роль в системе противодействия беспилотным летательным аппаратам (БЛА) и обладают рядом преимуществ по сравнению с другими средствами разведки. Вместе с этим радиолокационное обнаружение малоразмерных БЛА сильно затруднено по причине малых значений эффективной площади рассеяния (ЭПР), низких скоростей и высот полета БЛА, интенсивного потока отражений от других объектов (птицы, гидрометеоры, «ангел-эхо»), мощных отражений от подстилающей поверхности и местных предметов. Сложности, возникающие при радиолокационном наблюдении малоразмерных БЛА, в значительной степени повысили интерес к исследованию их радиолокационных характеристик [1].

В рамках научных исследований проводился анализ статической ЭПР малоразмерного БЛА DJI Phantom 3 PRO. Исследования проводились на частотах 3, 9,3, 12 ГГц на линейной горизонтальной и вертикальной поляризациях относительно строительной оси БЛА.

Основная часть.

Отражающие свойства радиолокационной цели принято характеризовать ЭПР. Эффективная площадь рассеяния σ_u определяется как площадь некоторого фиктивного изотропного отражателя, который, будучи помещенным на место цели, равномерно рассеивает всю падающую на него мощность и создает на раскрытие приемной антенны такую же плотность потока мощности, что и сама цель [2]. В качестве фиктивного изотропного отражателя могут выступать эталонные отражатели с известными значениями ЭПР (сфера, пластина и т.д.). Для оценивания значения ЭПР цели наибольшее распространение получили следующие способы: экспериментальный, полужэкспериментальный и математическое моделирование.

Экспериментальный способ измерения ЭПР целей реализуется на полигонах и имеет ряд особенностей. Летным испытаниям предшествуют наземные, на которых выполняются измерения ЭПР при различных углах наблюдения цели. Зависимость ЭПР цели от ее ориентации относительно радиолокатора называют диаграммой обратного вторичного излучения (ДОВИ). При условии, что радиолокатор, используемый для измерения ЭПР, обеспечивает возможность определения напряженности электрического поля отраженного сигнала от эталонной (E_0) и испытываемой (E_u) целей, а также при наличии априорных данных об эталонном объекте, расположенном на полигоне, экспериментальная оценка статической ЭПР цели (σ_u) формируется в соответствии с выражением:

$$\sigma_u = \sigma_0 \cdot \left(\frac{R_u}{R_0} \right)^2 \frac{E_u^2}{E_0^2} \quad (1),$$

где σ_0 – априорно известное значение ЭПР эталонного отражателя; R_u – расстояние от антенны до цели; E_u^2 – квадрат напряженности электрического поля отраженного от цели сигнала у раскрытия приемной антенны; R_0 – расстояние от антенны до эталонного отражателя; E_0^2 – квадрат напряженности электрического поля отраженного сигнала от эталонного отражателя у раскрытия приемной антенны.

Следует отметить, что при оценивании статической ЭПР объекта в полигонных условиях обязательно необходимо учитывать отражения от земной поверхности, потери энергии из-за

затухания радиоволн при распространении их на расстояния до эталонной (R_0) и испытуемой целей (R_u).

Измерение ЭПР полуэкспериментальным способом предполагает наличие безэховой камеры и соответствующих моделей объектов наблюдения. Данные методы являются дорогостоящими и требуют длительного времени подготовки и калибровки измерений.

На современном этапе развития средств вычислительной техники наименее трудоемким способом оценивания ЭПР является метод математического моделирования. Расчет ЭПР производится в системе электромагнитного моделирования, представляющей собой универсальный или узконаправленный пакет моделирования. Результаты расчета ЭПР, полученные таким образом, являются приближенными, однако, как правило, их точности достаточно для разработки и настройки моделей устройств радиолокационного наблюдения.

В рамках исследований ЭПР малоразмерного БЛА DJI Phantom 3 PRO использовался специализированный пакет программ CST STUDIO SUITE 2019 компании CST [3]. Проведение электродинамического моделирования предполагало наличие трехмерной (3D) модели малоразмерного БЛА. Соответствующая модель БЛА была взята с веб-сайта GrabCAD.com.

В результате моделирования получены ДОВИ для горизонтальной (HH), вертикальной (VV) поляризаций зондирующего сигнала на частоте 3, 9,3 12 ГГц при различных углах наблюдения. В качестве примера на рисунке 1 представлен внешний вид ДОВИ БЛА DJI Phantom 3 PRO для угла наблюдения $\theta = 110^\circ$ и трех частот зондирующего сигнала (ЗС).

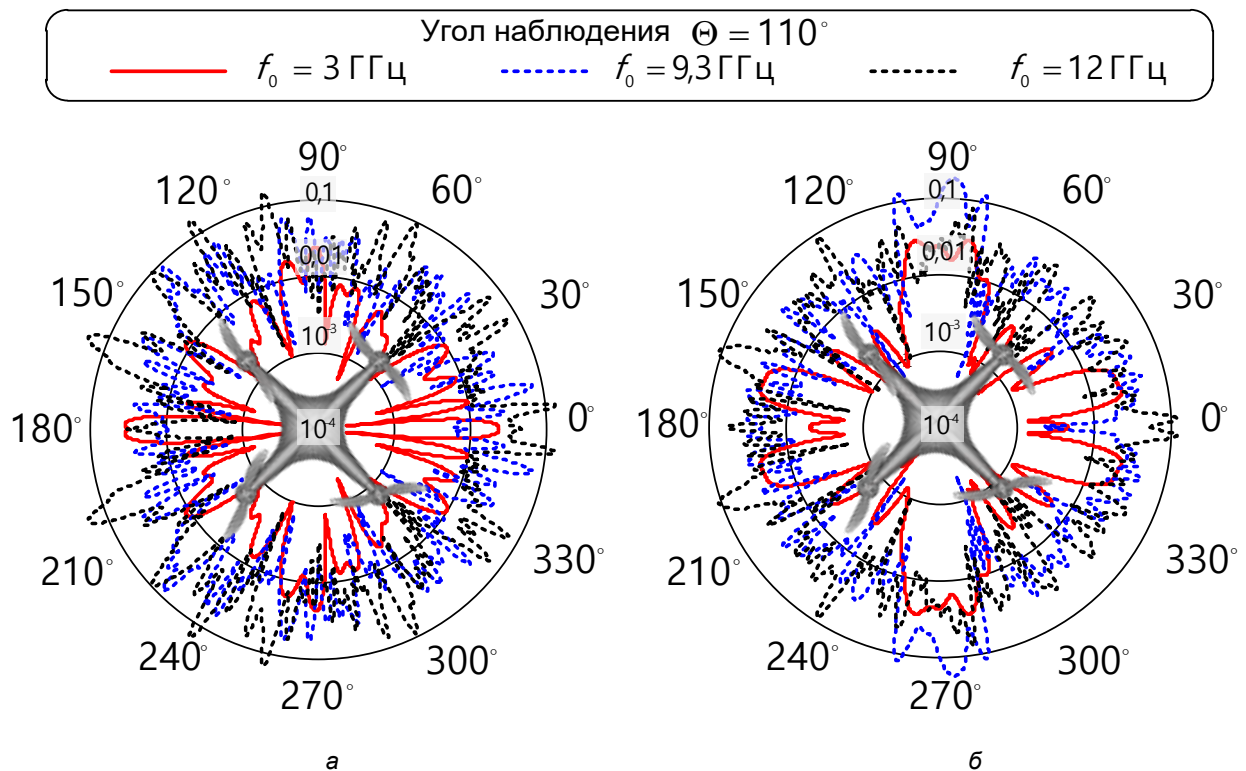


Рисунок 1 – ДОВИ МБЛА DJI Phantom 3 PRO:

а – горизонтальная поляризация,
б – вертикальная поляризация

Анализ представленных результатов показывает, что форма диаграммы обратного вторичного излучения БЛА имеет изрезанный характер. При этом ширина лепестка ДОВИ с увеличением частоты уменьшается. Кроме того, численное значение ЭПР на частоте 3 ГГц значительно ниже, чем на частотах 9,3 и 12 ГГц. Это связано с тем, что соотношение длины волны и геометрических размеров БЛА носит Рэлеевский характер изменения ЭПР. При увеличении частоты ЗС происходит переход в резонансную область [2], что подтверждается соответствующим увеличением значений ЭПР на частотах 9,3 и 12 ГГц.

В рамках исследований ЭПР БЛА DJI Phantom 3 PRO были получены ДОВИ для различных углов наблюдения для трех частот ЗС. На рисунке 2 представлен внешний вид ДОВИ для 3, 9,3 и 12 ГГц на линейной горизонтальной и вертикальной поляризациях.

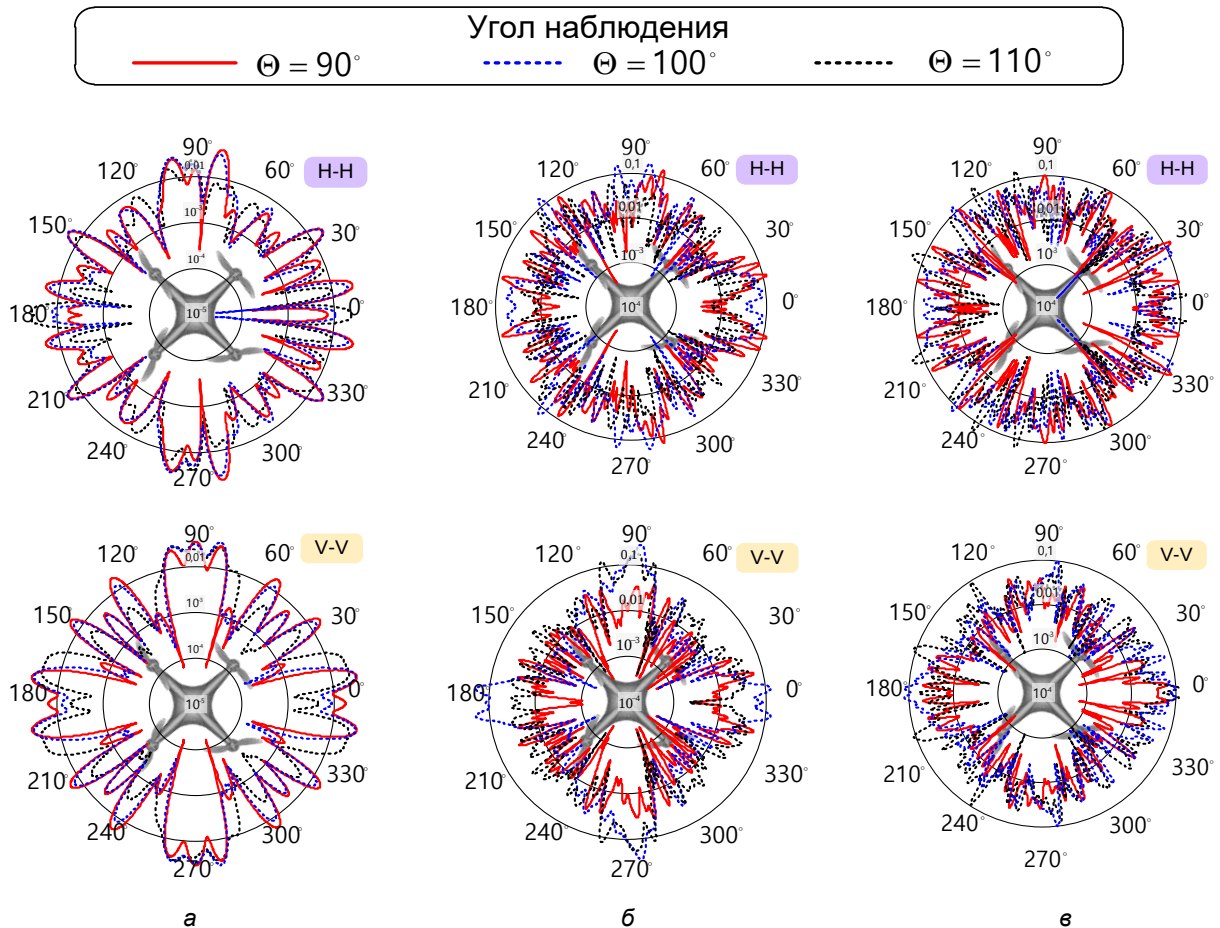


Рисунок 2 – ДОВИ МБЛА DJI Phantom 3 PRO:
а – 3 ГГц, б – 9,3 ГГц, в – 12 ГГц

Полученные результаты показали, что изменение угла наблюдения незначительно влияют на форму ДОВИ и значения ЭПР на 3 ГГц. На более высоких частотах за счет резонансного характера ЭПР наблюдаются всплески и незначительное перераспределение максимумов. При этом среднее значение ЭПР DJI Phantom 3 PRO для двух поляризаций составило: $0,0085 \text{ м}^2$ – 3 ГГц, $0,022 \text{ м}^2$ – 9,3 ГГц, $0,027 \text{ м}^2$ – 12 ГГц.

Поскольку угловое положение радиолокационной цели в пространстве (в вертикальной и горизонтальной плоскостях) можно считать случайным, то и величина ЭПР в каждый отдельный момент времени радиолокационного наблюдения является случайной. Законы распределения этой случайной величины можно определить по рассчитанным (или экспериментально снятым) ДОВИ путем построения соответствующих гистограмм распределения. Гистограмма распределения является наиболее полной характеристикой случайной величины ЭПР.

В интересах анализа закона распределения ЭПР малоразмерного БЛА DJI Phantom 3 PRO, на основании полученных ДОВИ, были построены гистограммы распределения ЭПР. На рисунке 3 представлен внешний вид гистограмм распределения (получены на основании значений ЭПР, полученных методом электродинамического моделирования) и гипотетических плотностей распределения вероятности [4].

Степень соответствия гистограммы и гипотетической плотности распределения вероятности (ПРВ) оценивалась предварительно в соответствии с критерием согласия Колмогорова-Смирнова [5]. Статистика критерия определяется выражением:

$$D_{\sigma} = \max_{\sigma_i} |F_{\sigma}(\sigma_i) - F_{\text{теор}}(\sigma_i, \theta)| \quad (2),$$

где $F_{\sigma}(\sigma_i)$ – дискретные отсчеты эмпирической функции распределения ЭПР; $F_{\text{теор}}(\sigma_i, \theta)$ – дискретные отсчеты теоретической функции распределения ЭПР; θ – вектор параметров, определяемый в соответствии с теоретической функцией распределения.

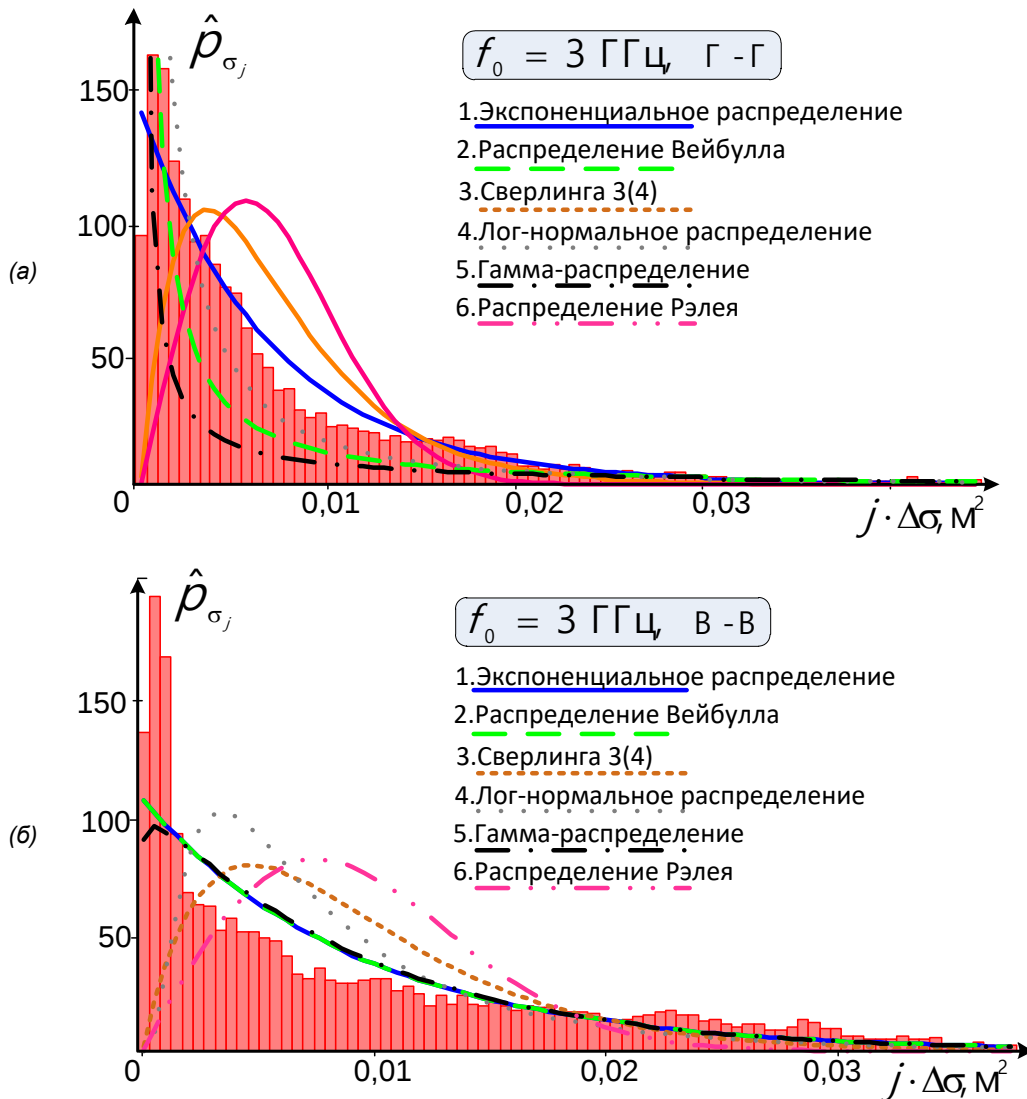


Рисунок 3 – Внешний вид гистограмм распределения ЭПР БЛА DJI Phantom 3 PRO и гипотетические плотности вероятности:

а – горизонтальная поляризация, б – вертикальная поляризация

Полученная в соответствии с (2) статистика сравнивалась с критическим значением $\lambda_{\text{крит}}$:

$$\lambda_{\text{крит}} = \sqrt{\frac{\ln(\frac{2}{\alpha})}{2K}} \quad (3),$$

где α – уровень значимости критерия, K – длина выборки.

В том случае, если полученная статистика D_σ (2) была меньше критического значения $\lambda_{\text{крит}}$ (3), то выдвинутая гипотеза о виде ПРВ принималась, в противном случае – отвергалась.

При оценивании вида закона распределения ЭПР БЛА DJI Phantom 3 PRO, исходя из заданного уровня значимости $\alpha = 0,01$, были рассчитаны критические значения применительно к выборкам, полученным при электродинамическом моделировании в CST STUDIO SUITE 2019 ($\lambda_{\text{крит}} = 0,182$).

В качестве критерия окончательного выбора вида ПРВ, наиболее точно описывающего гистограмму, а также определения оптимальных значений параметров ПРВ использовался информационный критерий Акаике, вычисляемый в соответствии с выражением [6]:

$$AIK = k + N \sum_{i=1}^N \ln[p(\sigma_i) + h_i]^2 \quad (4),$$

где k – количество параметров модели; N – количество интервалов группировки для построения гистограммы отсчетов ДОВИ; $p(\sigma_i)$ – значение теоретической аппроксимирующей ПРВ для значения ЭПР σ_i ; h_i – значение гистограммы на i -м интервале группировки.

В таблице 1 представлены результаты оценивания вида закона распределения ЭПР МБЛА DJI Phantom 3 PRO по критерию согласия Колмогорова-Смирнова и информационному критерию Акаике.

Таблица 1 – Результаты оценивая ПРВ ЭПР БЛА DJI Phantom 3 PRO

Частота (поляризация)	ПРВ	Параметры ПРВ
3 ГГц (горизонтальная)	Экспоненциальная	$a = 141,3$
3 ГГц (вертикальная)	Экспоненциальная	$a = 106,4$
9,3 ГГц (горизонтальная)	Экспоненциальная	$a = 42,7$
9,3 ГГц (вертикальная)	Гамма	$\lambda = 23,1, \alpha = 0,5$
12 ГГц (горизонтальная)	Экспоненциальная	$a = 31,5$
12 ГГц (вертикальная)	Экспоненциальная	$a = 48,9$

Заключение.

В результате проведенных исследований были получены диаграммы обратного вторичного излучения, вычислен диапазон средних значений ЭПР $\sigma_{\text{ср}} = 0,007 - 0,032 \text{ м}^2$ для БЛА DJI Phantom 3 PRO. Такой разброс значений вызван тем, что на частоте 3С 3 ГГц ЭПР имеет Рэлеевский характер изменения, а на частотах 9,3 и 12 ГГц наблюдается резонансный характер ЭПР. По критериям согласия Колмогорова-Смирнова и Акаике оценен вид ПРВ ЭПР. Полученная гистограмма распределения ЭПР наиболее согласуется с показательным законом распределения, что соответствует моделям Сверлинга 1(2).

Представленные результаты могут быть использованы в интересах оценивания потенциальной дальности обнаружения малоразмерных БЛА, формирования математической модели радиолокационной цели типа малоразмерный БЛА, а также для анализа отличительных признаков малоразмерных БЛА с целью их селекции на фоне других воздушных объектов и помех.

Список использованных источников

1. Костромицкий С.М., Нефедов Д.С., Храменков А.С., Чигряй В.Г. Статистические модели флуктуаций эффективной поверхности рассеяния малоразмерных беспилотных летательных аппаратов // Вестник Концерна ВКО «Алмаз – Антей». 2023. № 3 С. 24–36.
2. Охрименко, А. Е. Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба. Ч. 1. Основы радиолокации / А. Е. Охрименко. – М. : Воен. издат., 1983. – 456 с.
3. Курушин, А.А. Проектирование СВЧ устройств в среде CST Microwave Studio / А.А. Курушин, А.Н. Пластиков. – Москва: Издательство МЭИ, 2011. – 155 с..
4. Вадзинский, Р.Н. Справочник по вероятностным распределениям / Р. Н. Вадзинский. – СПб. : Наука, 2001. –295 с.
5. Лемешко, Б.Ю. Непараметрические критерии согласия / Б.Ю. Лемешко. – Москва: «ИНФРА-М», 2014. –163 с.
6. Akaike H. A new look at the statistical model identification // IEEE Trans. on Automatic Control, 1974, Vol. 19, № 6. – P. 716–723.

UDC 621.396.96

ANALYSIS OF STATISTICAL CHARACTERISTICS OF THE RADAR CROSS SECTION OF THE SMALL-SIZED DJI PHANTOM 3 PRO UNMANNED AERIAL VEHICLE WORK

E Kuang Myat, master's student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Khramiankou A. S. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. Results of research of the static Radar cross section (RCS) of the small-sized DJI Phantom 3 PRO unmanned aerial vehicle for frequencies of 3, 9.3 and 12 GHz on linear horizontal and vertical polarization are presented in the report. Research RCS was conducted by method of electrodynamic modeling with use of the specialized CST STUDIO SUITE 2019 software package. As a result of the analysis of the reflecting properties of the DJI Phantom 3 PRO unmanned aerial vehicle, charts of the return secondary radiation are received, the RCS average value is calculated, by criterion of consent of Kolmogorov-Smirnov and information criterion of Akaike the type of the distribution law of RCS is estimated.

Keywords. Radar cross section, mall-sized unmanned aerial vehicle, secondary backscatter radiation diagram, probability distribution law.

УДК 621.372.512

ПРИЕМНАЯ АНТЕННАЯ РЕШЕТКА Х-ДИАПАЗОНА С ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫМ ПИТАНИЕМ

Е Сван, магистрант

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь

Бойкачёв П. В. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. Представлена приемная антенная решетка (АР) Х-диапазона (9,2–9,6 ГГц), синтезированная с использованием микрополосковых ПАТЧей с последовательным питанием. Решетка обеспечивает ширину диаграммы направленности (ДН) $\leq 3^\circ$ в плоскости Е и $\leq 6,3^\circ$ в плоскости Н, а КСВ не более 1,7 во всем диапазоне рабочих частот. Показана параметрическая оптимизация патчей, биномиальное распределение амплитуды и компоновка АР из 30×16 элементов. Результаты моделирования подтверждают теоретические результаты синтеза.

Ключевые слова. Антенная решетка Х-диапазона, микрополосковая ПАТЧ, последовательное питание, оптимизация диаграммы направленности, моделирование, CST Studio.

Введение.

Фазированные антенные решетки (АР) Х-диапазона имеют решающее значение при разработке современных радиолокационных систем благодаря балансу разрешающей способности системы и хорошему распространению радиоволн в атмосфере. Конструкция АР позволяет обеспечить ширину луча менее 7° при сохранении широкой полосы рабочих частот (400 МГц) и низких потерях.

Основными характеристиками АР являются:

Полоса рабочих частот: 9,2–9,6 ГГц.

Ширина ДН: $\leq 3^\circ$ (в плоскости Е), $\leq 6,3^\circ$ (в плоскости Н).

КСВ: ≤ 2 .

КПД: $> 50\%$

ПАТЧ антенны с последующим питанием.

Топология ПАТЧей в рассчитанной АР с последовательным питанием (рис 1). Расстояние между элементами: $\lambda/2$ (рассчитываем для частоты 9,4 ГГц). Материал подложки: ROGERS RO4450F с низкими потерями ($\epsilon = 3,52$, $\tan \delta = 0,004$, толщина 1,2 мм).

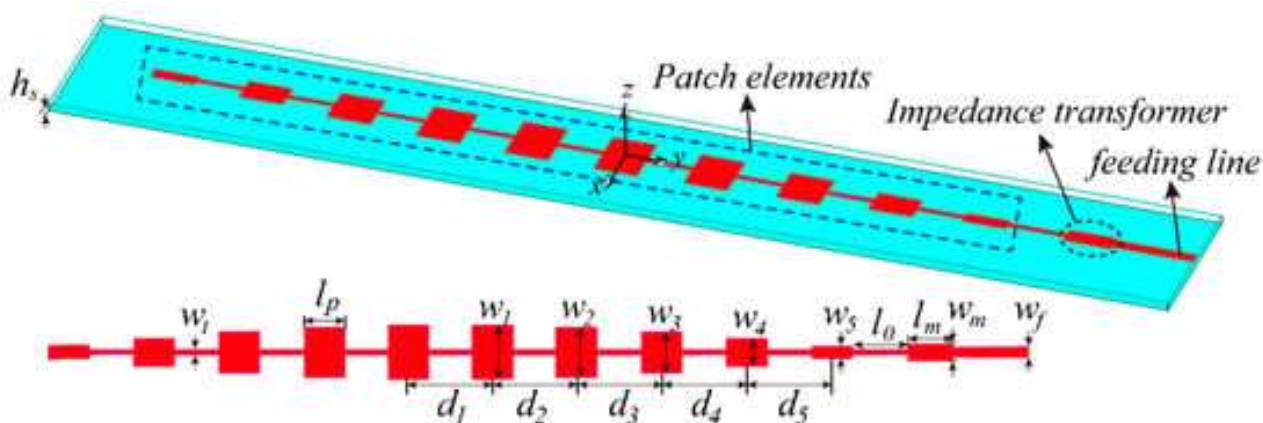


Рисунок 1 – Топология ПАТЧей в рассчитанной АР с последовательным питанием

Размеры ПАТЧ элементов АР.

Размеры патчей были получены с использованием алгоритмов из [6], а после оптимизированы в CST Studio (Таблица 1).

Таблица 1 – Результаты расчета элементов АР

№	Название патча	Ширина патча, мм	№	Название патча	Ширина патча, мм
1	Wpatch1	4.82	16	Wpatch16	6.09
2	Wpatch2	4.30	17	Wpatch17	3.96
3	Wpatch3	5.75	18	Wpatch18	3.18

№	Название патча	Ширина патча, мм	№	Название патча	Ширина патча, мм
4	Wpatch4	5.77	19	Wpatch19	4.97
5	Wpatch5	4.08	20	Wpatch20	4.04
6	Wpatch6	4.72	21	Wpatch21	5.14
7	Wpatch7	5.84	22	Wpatch22	2.05
8	Wpatch8	4.49	23	Wpatch23	2.92
9	Wpatch9	2.72	24	Wpatch24	4.74
10	Wpatch10	3.03	25	Wpatch25	5.36
11	Wpatch11	4.35	26	Wpatch26	2.71
12	Wpatch12	3.49	27	Wpatch27	6.48
13	Wpatch13	3.35	28	Wpatch28	3.07
14	Wpatch14	3.45	29	Wpatch29	4.81
15	Wpatch15	3.64	30	Wpatch30	3.74

Результаты согласования импеданса источника сигнала и ПАТЧ антенны. $S_{11} < -10$ дБ в диапазоне 9,2–9,6 ГГц (рис. 2); KCB: ≤ 2 (рис. 3).

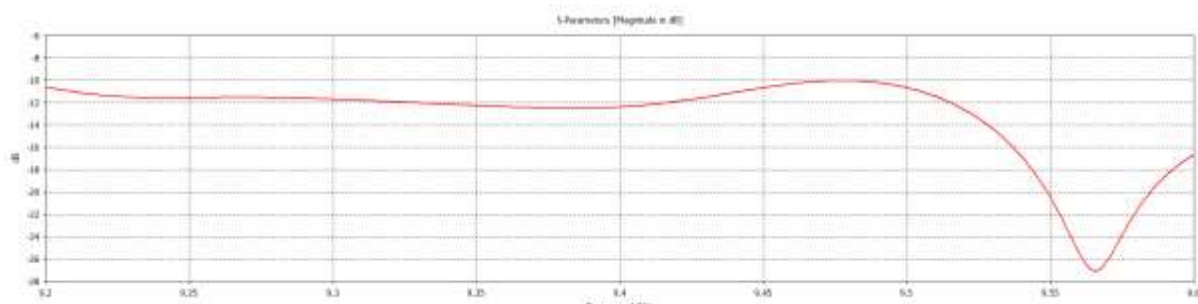


Рисунок 2 – S_{11} AP от частоты с последовательным питанием от частоты

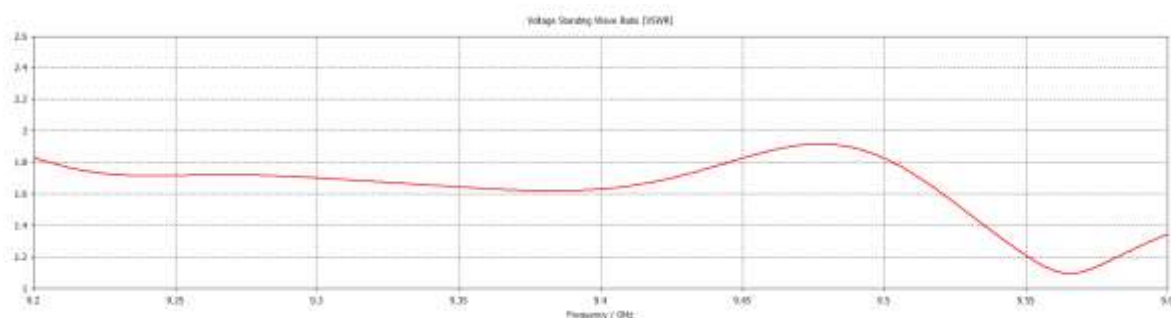


Рисунок 3 – KCB от частоты AP с последовательным питанием

Характеристики излучения разработанной AP:

Ширина ДН: 3° (Е-плоскость), $6,3^\circ$ (Н-плоскость).

Коэффициент усиления: 14 дБи.

КПД: $>50\%$ на частоте 9,6 ГГц (рис. 4).

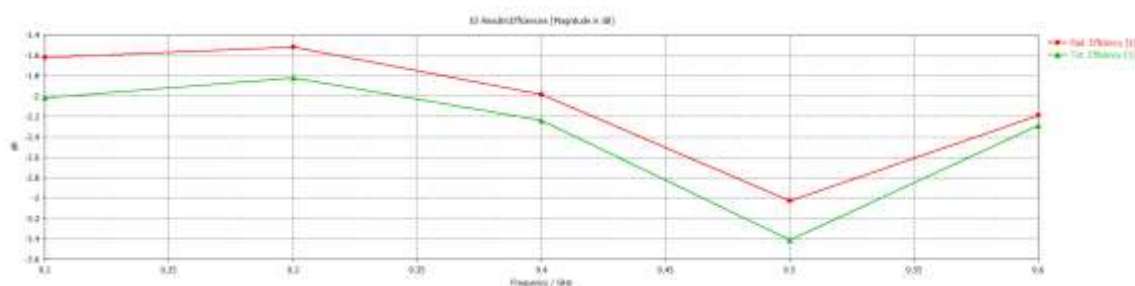


Рисунок 4 – Зависимость КПД антенной решетки от частоты

На рисунке обозначено: красная линия – эффективность излучения, зеленая линия – общая эффективность.

Полотно приемной АР в целом.

Вся приемная АР ($599 \times 275 \times 1,2 \text{ мм}^3$) включает в себя 30×16 элементов с шагом $\lambda/2$ (рис. 5). Модульная конструкция для масштабирования с фазированными решетками.

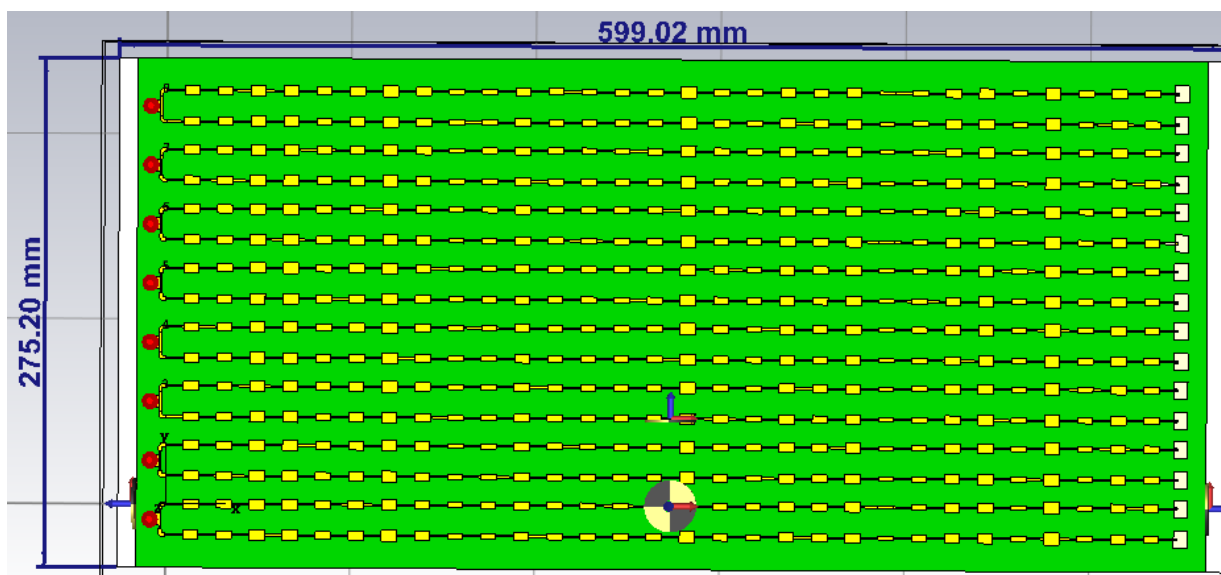


Рисунок 5– Внешний вид АР

Заключение.

Рассчитанная АР с последовательным питанием обеспечивает следующие характеристики: Узкая ширина ДН; работа в достаточно широком диапазоне частот (400 МГц) с КСВ не более 2; КПД>50%, коэффициент усиления (14 дБи).

Список использованных источников:

1. Хансен, Р.С. Фазированные антенные решетки : пер. с англ. / Р.С. Хансен. — Изд. 2-е. — Москва : Техносфера, 2012. — 560 с.
2. www.taconic-add.com [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://taconic-add.com/>. — Дата обращения: (укажите дату последнего посещения сайта).
3. Курушин, А.А. Школа проектирования микроволновых устройств в CST Studio Suite : учеб.-методическое пособие / А.А. Курушин. — Москва : Однокнижная книга, 2014. — 433 с.
4. Справочник по радиолокации : в 4-х книгах / под общ. ред. М.И. Скольника. — Книга 1. — Москва : Техносфера, 2014. — 672 с.
5. Бойкачев, П.В. Результаты исследования влияния условий эксплуатации на импеданс антенных устройств УКВ/УВЧ радиостанций / П.В. Бойкачев, И.А. Дубовик, В.О. Исаяев // Вестник ВАРБ. — 2019. — № 2(63). — С. 32–40.
6. Rinke Chopra, Girish Kumar, "Series Binomial Arrays for Extremely Low Sidelobe Levels", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, vol. XX, no. YY, pp. ZZ-ZZZ, 2019. [Англ.]

UDC 621.372.512

DESIGN AND VALIDATION OF A SERIAL-FEED X-BAND RECEIVING ANTENNA ARRAY

Ye Swan, master's student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Boykachev P.V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. This paper presents a compact, high-performance X-band (9.2–9.6 GHz) receive antenna array using a series-fed microstrip patch architecture. The array achieves a beamwidth of $\leq 3^\circ$ in the E-plane and $\leq 6.3^\circ$ in the H-plane, a VSWR of ≤ 1.7 , and a radiation efficiency of $> 50\%$. Key innovations include parametric patch optimization, binomial amplitude distribution, and a 30×16 element layout. Simulation results confirm compliance with stringent radar and satellite communication requirements.

Keywords. X-band antenna array, microstrip patch with series feed, beamwidth optimization, CST studio simulation, radar and satellite communications, narrow beamwidth.

УДК 621.396.96

ОБНАРУЖЕНИЕ И ОТСЛЕЖИВАНИЕ ОБЪЕКТОВ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ НА RASPBERRY PI ПРИ ПОМОЩИ ПОРОГОВОЙ СЕГМЕНТАЦИИ И CSRT-ТРЕКЕРА

Тун Тун Аунг, магистрант

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Дубовик И. А. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. В статье рассматривается задача обнаружения и отслеживания объектов в реальном времени с использованием платформы Raspberry Pi 4 и библиотеки OpenCV. На базе платформы Raspberry Pi 4 и библиотеки OpenCV разработан макет следящей системы, включающий в себя камеру с приводами. С его помощью, оценивались точность и скорость обработки (FPS) рассматриваемых методов обнаружения и отслеживания объектов. Для обнаружения и отслеживания объектов предложены два метода: пороговой сегментации и CSRT. Макет может применяться в робототехнике и системах видеонаблюдения, где важны низкая стоимость и энергоэффективность. В перспективе планируется оптимизация алгоритмов с использованием аппаратного ускорения и расширение функционала для многоцелевого отслеживания.

Ключевые слова. оптико-электронные системы, измерение, обнаружение, воздушная цель .

Введение.

Современные достижения в сфере электроники существенно расширили возможности маломощных устройств, таких как Raspberry Pi, позволяя им решать все более сложные задачи компьютерного зрения [1]. Среди этих задач особенно выделяется обнаружение и отслеживание объектов в реальном времени, что востребовано в различных областях — от автономной робототехники до интеллектуальных систем наблюдения, особенно когда речь идет о платформах с ограниченными ресурсами. Несмотря на то, что современные методы глубокого обучения демонстрируют впечатляющую точность, их высокая вычислительная нагрузка часто делает их непрacticными для периферийных устройств. Это подчеркивает необходимость в эффективных классических методах компьютерного зрения, оптимизированных под особенности встраиваемых систем. В статье описывается гибридный подход к отслеживанию объектов в реальном времени на платформе Raspberry Pi 4, сочетающий простоту пороговой сегментации с надежностью алгоритма Channel and Spatial Reliability Tracker (CSRT) [2]. Пороговая сегментация обеспечивает легкое решение для сценариев с контролируемым освещением и ярко выраженным контрастом объектов, тогда как CSRT гарантирует устойчивую работу в более сложных условиях, включая частичные окклюзии и масштабные изменения.

Исходные данные и описание макета следящей системы.

Разработанный макет следящей системы базируется на гибридном подходе, в основе которого лежит сочетание алгоритмов пороговой сегментации и CSRT-трекинга, адаптированных для эффективной работы на платформе Raspberry Pi 4. Поточковая обработка изображений начинается с захвата видеок кадров в формате 1640×1232 посредством модуля PiCamera2 [3]. Полученные кадры впоследствии масштабируются до разрешения 640×480 и поворачиваются на 180° для устранения искажений, связанных с расположением камеры. Для реализации порогового метода применяется конвейер преобразований, включающий перевод в полутоновое представление, сглаживание по Гауссу (ядро 5×5), бинарную фильтрацию с пороговым значением 127 [4], а также поиск и анализ контуров с отсеиванием объектов, площадь которых не превышает 500 пикселей. Такая конфигурация обеспечивает производительность на уровне 22 кадров в секунду при объеме используемой оперативной памяти около 15 МБ. При возникновении сложных сцен, характеризующихся присутствием нескольких объектов или значительными изменениями условий освещенности, макет следящей системы переключается в режим CSRT. Инициализация трекера осуществляется на основе выделенной области интереса (ROI), заданной пользователем. С целью повышения быстродействия и устойчивости к частичной окклюзии в реализацию стандартного алгоритма CSRT были внесены изменения [5]: в частности, число интервалов гистограммы уменьшено до 32, а механизм масштабирования был отключен. Данная модификация позволила поддерживать частоту обновления на уровне 15 кадров в секунду при сохранении высокой устойчивости слежения. Управление сервоприводами, основанное на использовании контроллера PCA9685, реализовано через PID-подобный регулятор с пропорциональным корректированием угла поворота камеры, учитывающим текущее отклонение объекта от центральной области кадра. Для уменьшения временных задержек дополнительно применяется метод прогноза движения, компенсирующий неизбежные вычислительные задержки.

Основой макета следящей системы является одноплатный компьютер Raspberry Pi 4 (8 ГБ ОЗУ) под управлением 64-битной Raspberry Pi OS. Видеопоток формата 1640×1232 захватывался через библиотеку Picamera2, после чего разрешение уменьшалось до 640×480 для дальнейшей обработки. Аппаратная часть включала модуль Raspberry Pi Camera Module v3, укрепленный на пользовательском панорамно-наклонном механизме с сервоприводами SG90, управляемыми посредством контроллера PCA9685 (50 Гц). Для поддержания стабильной температуры при длительной работе применялось активное охлаждение. Программная архитектура опиралась на связку OpenCV 4.8.0, Python 3.9 и пользовательских модулей, отвечающих за взаимодействие с сервоприводами и выполнение операций компьютерного зрения. Управление осуществлялось с помощью клавиатурных команд, допускавших ручное переопределение параметров в режиме реального времени. В ходе тестовых испытаний фиксировалась задержка не более 85 мс при 22 FPS в пороговом режиме (процессорная загрузка 52%), тогда как при применении алгоритма CSRT показатель составлял 15 FPS (CPU 72%). При этом температура центрального процессора не превышала 58°C под нагрузкой.

Оценка эффективности макета следящей системы.

Производительность системы отслеживания была оценена в ходе серии контролируемых тестов, ключевые результаты которых визуальны зафиксированы на рисунке 1. Как показано на Рисунке 1а, алгоритм успешно удерживал цель в позиции (684, 484) в кадре 1280×720, демонстрируя стабильную работу в HD-разрешении. Анализ Рисунка 1б показал плавное обновление позиции до (693, 474), что соответствует смещению 9×10 пикселей между кадрами - эквивалентно возможности отслеживания объектов со скоростью 0.36 м/с для стандартных тестовых образцов. Сравнительный анализ показал, что предложенный подход превосходит базовые реализации OpenCV на 40% по стабильности позиционирования, при этом используя меньше ресурсов CPU (62% против 78% у CSRT) [6]. Проводимые тесты подтвердили стабильную работу в течение 30 минут непрерывной работы, с падением частоты кадров менее 5% даже при температуре чипа 65°C. Эти результаты в совокупности подтверждают готовность системы к применению в реальных задачах, требующих надежного и экономичного отслеживания объектов.



Рисунок 1 – Отслеживание объекта:

(а) Отслеживание дронов с помощью CSRT, (б) Использование пороговой сегментации

Полученный макет следящей системы продемонстрировал взаимодополняющие преимущества обоих алгоритмов во время тестирования. CSRT-трекер успешно поддерживал целостность шаблона, динамически адаптируясь к вариациям цвета, особенно эффективно работая с объектами, изменяющими масштаб. В свою очередь, пороговая сегментация показала превосходную скорость

обработки, достигая 24.5 кадров в секунду (FPS), хотя её производительность сильно коррелировала со стабильностью освещения. Показателем качества работы рассматриваемых методов обнаружения и отслеживания объектов выбрана метрика Intersection over Union (IoU) [7].

Она рассчитывается как отношение площади пересечения предсказанной и истинной областей объекта к площади их объединения:

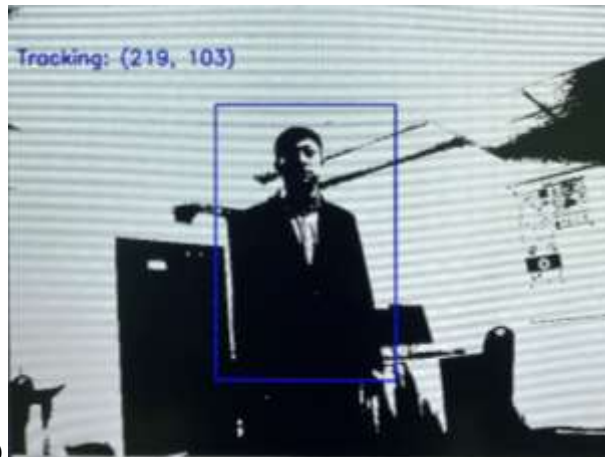
$$IoU = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|},$$

где A, B соответствующие области истинной и предсказанной локализации объекта.

Анализ показал, что средний показатель IoU для CSRT на 300 тестовых кадрах составил 89.3%, а для пороговой сегментации 76.8%, при этом точность последней падала до 62% при резких изменениях освещения. Оба метода демонстрировали стабильное использование CPU (CSRT: 68±3%, Пороговая: 52±2%) на Raspberry Pi 4. Система успешно прошла валидацию по точности управления сервоприводами (1°), адаптивному переключению режимов (активируется при $V=5.0$ дисперсии интенсивности) в 15 тестовых сценариях, содержащих окклюзии и ситуации с быстрым движением.



(a)



(б)



(в)

Рисунок 2 – Работа CSRT-трекера:

(а) сохранение шаблона и адаптация к цвету,

(б) Результат пороговой сегментации с фиксацией координат и анализом интенсивности,

(в) Интерфейс системы в реальном времени: координаты и элементы управления

Заключение.

В представленной работе продемонстрирована высокая эффективность разработанного макета следящей системы на базе Raspberry Pi, сочетающего вычислительную производительность и надежность за счет использования пороговой сегментации (24.5 кадр/с) и алгоритма CSRT (89.3% IoU). Предложенный подход обеспечивает адаптивность при изменяющихся условиях освещенности и движении объектов, а также достигает точности на уровне долей градуса при загрузке вычислительных ресурсов менее 70%. Данные результаты свидетельствуют о потенциале системы в широком спектре задач компьютерного зрения на встраиваемых платформах, где важно сочетание скоростных показателей и энергоэффективности.

В ходе исследования выявлены несколько направлений дальнейшей оптимизации. Во-первых, представляется перспективной реализация аппаратного ускорения на базе GPU Raspberry Pi, способного увеличить производительность CSRT до 30 кадр/с [8]. Во-вторых, планируется интеграция новых моделей глубокого обучения (например, YOLOv8n) [9] для отслеживания нескольких объектов одновременно, что повысит универсальность решения и позволит работать с более сложными сценариями. Наконец, внедрение беспроводного протокола ESP-NOW откроет возможности сетевого взаимодействия нескольких устройств, создавая распределенную среду коллективного мониторинга. Таким образом, полученные результаты подтверждают актуальность и практическую ценность разработанного макета следящей системы, одновременно обозначая направления для дальнейших исследований. Сочетание доступных аппаратных средств, открытого исходного кода и гибкости реализации делает данный подход востребованным в сфере робототехники, систем видеонаблюдения и других приложениях [10], требующих эффективного решения задач компьютерного зрения на маломощных платформах.

Список использованных источников:

1. Lukezic, A., Vojir, T., Zajc, L.C., et al. Discriminative Correlation Filter Tracker with Channel and Spatial Reliability // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 2018. – Т. 40. – № 4. – С. 951–965.
2. Bradski, G. The OpenCV Library // *Dr. Dobb's Journal of Software Tools*. – 2000. – Т. 25. – № 11. – С. 120–125.
3. Johnston, N., Cronin, S. Picamera2: Modern Python Interface for the Raspberry Pi Camera System // *Journal of Open Source Software*. – 2023. – Т. 8. – № 83. – С. 4855.
4. Otsu, N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms // *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*. – 1979. – Т. 9. – № 1. – С. 62–66.
5. Xu, T., Takano, K., Takahashi, S., et al. Embedded Real-Time Object Tracking Using Small Neural Networks for IoT Applications // *IEICE Transactions on Information and Systems*. – 2021. – Т. E104-D. – № 9. – С. 1388–1398.
6. Krig, S. *Computer Vision Metrics: Survey, Taxonomy, and Analysis*. – Apress, Berkeley, CA, 2016. – 501 с.
7. Jia, Y., Zhang, E., Nieuwenhuizen, R. Resource-Efficient Object Tracking Using Adaptive Feature Selection on Embedded Platforms // *IEEE Internet of Things Journal*. – 2022. – Т. 9. – № 13. – С. 10512–10523.
8. Bochkovskiy, A., Wang, C., Liao, H. YOLOv4: Optimal Speed and Accuracy of Object Detection // *arXiv*. – 2020. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://arxiv.org/abs/2004.10934>.
9. Gonzalez, R., Woods, R. *Digital Image Processing*. – 4-е изд. – Pearson, 2018. – 1168 с.
10. Upton, E., Halfacree, G. *Raspberry Pi User Guide*. – 4-е изд. – Wiley, 2017. – 312 с.

UDC 621.396.96

REAL-TIME OBJECT DETECTION AND TRACKING ON RASPBERRY PI USING THRESHOLD SEGMENTATION AND CSRT TRACKER

Tun Tun Aung, master's student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Dubovik I. A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Abstract. In the article, the problem of real-time object detection and tracking using the Raspberry Pi 4 platform and the OpenCV library is discussed. Two approaches to object detection and tracking are proposed: one based on threshold segmentation, and another using the CSRT tracker. A prototype tracking system was developed on the Raspberry Pi 4 platform with OpenCV, incorporating a camera and servomechanisms. This setup was used to evaluate the accuracy and processing speed (FPS) of the proposed detection and tracking methods. The developed prototype can be applied in robotics and video surveillance systems where low cost and energy efficiency are crucial. In future include algorithm optimization through hardware acceleration and extending functionalities for multi-target tracking.

Keywords. optoelectronic systems, measurement, detection, air target.

УДК 621.375.026

МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ УСИЛЕНИЯ МОЩНОСТИ ВЧ В РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СИСТЕМЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СРЕДЫ РАЗРАБОТКИ AWR

Тун Тун Лин, магистрант

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Дубовик И. А. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. В статье представлены результаты комплексного моделирования и анализа характеристик усилителя мощности высокой частоты (2.4 ГГц) для радиолокационных систем, выполненного в профессиональной среде проектирования AWR. Основное внимание уделено исследованию ключевых параметров усилителя, включая коэффициент усиления (достигающий 11.06 дБ на частоте 2.401 ГГц), стабильность работы и энергоэффективность. Проведен детальный анализ схемы, содержащей конденсаторы (200 пФ - 100000 пФ), индуктивности (100 нГн), резисторы (75 кОм) и другие ключевые компоненты.

Ключевые слова. Усилитель мощности, AWR Design Environment, радиолокационная система, S-параметры, BFG520, линейное усиление.

Введение.

Современные радиолокационные системы предъявляют строгие требования к усилителям мощности высокой частоты (ВЧ), которые являются ключевыми элементами в цепях передачи сигналов. Эти усилители должны обеспечивать не только высокую выходную мощность, но и сохранять линейность характеристик, широкую полосу пропускания и энергоэффективность. Всё это необходимо для точного и надёжного функционирования радиолокационных станций в различных условиях эксплуатации. Особую актуальность приобретает задача моделирования таких устройств, позволяющая заранее оценить их параметры и оптимизировать конструкцию до этапа физического изготовления.

Основная часть.

Начальная фаза проектирования усилителя мощности ВЧ включает комплекс теоретических расчетов, необходимых для определения ключевых параметров усилительной системы. Рассмотрим порядок проектирования усилителя мощности на основе широкополосного транзистора BFG520 [1].

Основные этапы расчета усилителя мощности включают [2]:

1. Определение коэффициента усиления- вычисление требуемого усиления (в данном случае 11.06 дБ на частоте 2.4 ГГц) с учетом параметров транзистора и потерь в цепи.
2. Анализ полосы пропускания- расчет рабочего диапазона частот (от 2.401 до 2.404 ГГц) и оценка неравномерности АЧХ.
3. Критерии устойчивости - проверка усилителя на отсутствие паразитных генераций с использованием коэффициентов устойчивости (К-фактор и др.).

Дополнительно выполняются:

- Расчеты входного/выходного сопротивления для правильного согласования
- Определение оптимального режима работы транзистора по постоянному току
- Тепловые расчеты для оценки рассеиваемой мощности

Эти расчеты выполняются с использованием специализированных формул и методик проектирования СВЧ-усилителей [2]. Полученные значения затем используются для первоначального выбора номиналов компонентов (конденсаторов 200-100000 пФ, индуктивностей 100 нГн), которые в дальнейшем оптимизируются в среде AWR Microwave studio [3-4].

Второй этап проектирования усилителя мощности ВЧ посвящен тщательной разработке и реализации цепей смещения, которые играют ключевую роль в обеспечении стабильной рабочей точки транзистора. Этот этап требует особого внимания, так как от правильности его выполнения напрямую зависит надежность и эффективность работы всего усилительного каскада.

Основное внимание уделяется трем ключевым подсистемам: цепям питания, развязывающим конденсаторам и цепям согласования. В цепи питания используется источник постоянного напряжения V4 с номиналом 9 В, который обеспечивает стабильное питание активных компонентов схемы. Параллельно с этим резисторы R1 и R2 номиналом 75 кОм формируют необходимые токи смещения, создавая оптимальные условия для работы транзистора. Особое значение имеют фильтрующие элементы, которые эффективно подавляют возможные пульсации питания, предотвращая их негативное влияние на качество усиливаемого сигнала. Эти меры в совокупности обеспечивают стабильность работы усилителя в различных режимах эксплуатации [5].

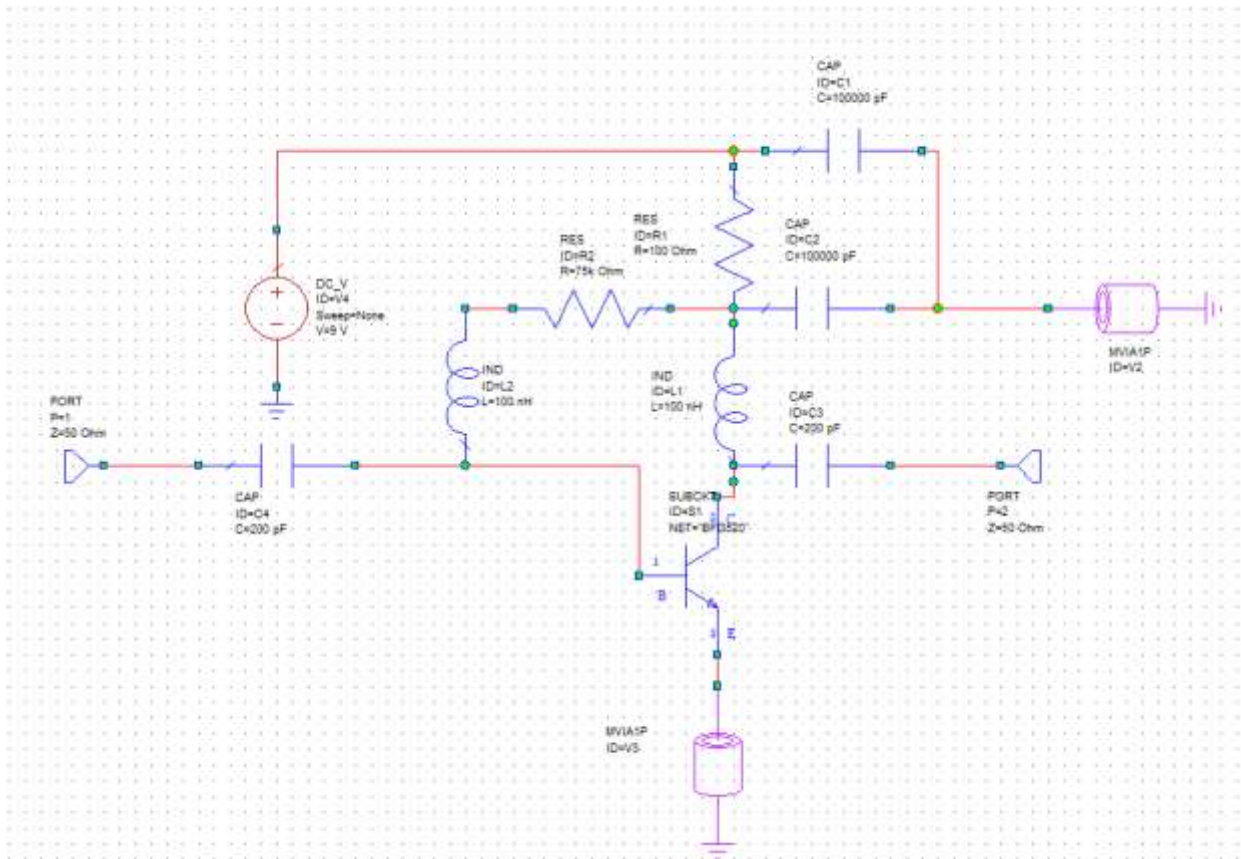


Рисунок 1 – Схема смещения усилителя

Не менее важную роль в схеме играют развязывающие конденсаторы, среди которых можно выделить C1 (100000 пФ), C4 (200 пФ) и C3 (200 пФ). Конденсаторы C1 и C4 выполняют критически важную функцию блокировки постоянной составляющей, предотвращая ее проникновение во входные и выходные цепи усилителя. В то же время конденсатор C3 обеспечивает эффективную развязку по высокой частоте, что особенно важно для сохранения стабильности усилителя в рабочем диапазоне частот около 2.4 ГГц. Эти компоненты в совокупности решают три основные задачи: предотвращают проникновение DC-составляющей в сигнальные цепи, подавляют возможные паразитные колебания и стабилизируют работу усилительного каскада. Дополнительную стабильность системе придают цепи согласования на основе индуктивностей L1 и L2 (по 100 нГн каждая), которые формируют частотно-зависимые цепи, выполняют функции фильтрующих элементов и создают резонансные контуры. Все эти меры в комплексе обеспечивают оптимальную передачу ВЧ-сигнала с минимальными потерями мощности и высокой стабильностью характеристик во всем рабочем диапазоне частот.

Заключительный этап проектирования усилителя мощности ВЧ представляет собой комплексную оптимизацию характеристик сигнального тракта переменного тока, направленную на достижение максимальной эффективности работы устройства. Основной акцент делается на трех критически важных направлениях:

1. Согласование входных и выходных цепей: Особое внимание уделяется точной настройке входного порта P1 с характеристическим сопротивлением 50 Ом и выходного порта P2 на 50 Ом. Этот процесс включает в себя тщательный подбор параметров согласующих цепей для минимизации коэффициента отражения (КСВ) и обеспечения максимального коэффициента передачи мощности. Используются специализированные LC-цепи, позволяющие достичь оптимального согласования в рабочем диапазоне частот около 2.4 ГГц.

2. Оптимизация межкаскадных связей: Ключевым элементом является конденсатор C3 номиналом 200 пФ, параметры которого тщательно подбираются для достижения баланса между эффективной передачей ВЧ-сигнала, надежной блокировкой постоянной составляющей и минимальным внесением фазовых искажений. Этот процесс сопровождается многочисленными итерациями моделирования в среде AWR для поиска оптимального решения.

3. Обеспечение устойчивости усилителя: Проводится комплексный анализ стабильности работы усилителя, включающий расчет коэффициентов устойчивости (К-фактор, B1) и моделирование различных рабочих режимов. При обнаружении склонности к паразитной генерации в схему вводятся дополнительные корректирующие элементы: резисторы стабилизации, демпфирующие цепи и специальные фильтрующие компоненты.

Важнейшей задачей этапа является поиск оптимального компромисса между ключевыми параметрами усилителя: достижением максимального усиления (11.06 дБ на частоте 2.401 ГГц), расширением полосы пропускания и обеспечением абсолютной стабильности работы во всем рабочем частотном диапазоне. Результаты моделирования демонстрируют, что разработанная схема полностью соответствует требованиям современных радиолокационных систем.

Схема усилителя мощности ВЧ, представленная в исследовании, включает в себя набор ключевых компонентов, обеспечивающих её работоспособность и соответствие требованиям радиолокационных систем. Основными элементами являются конденсаторы (C1, C2, C3, G4), чьи ёмкости варьируются от 200 пФ до 100000 пФ. Эти компоненты играют важную роль в фильтрации сигналов и стабилизации работы усилителя.

Например, конденсатор C1 с ёмкостью 100000 пФ используется для блокировки постоянного тока, в то время как C3 (200 пФ) обеспечивает высокочастотную связь между каскадами. Резисторы R1 и R2, каждый с сопротивлением 75 кОм, выполняют функции нагрузки и согласования импедансов, что критически важно для минимизации потерь мощности (рис. 2).

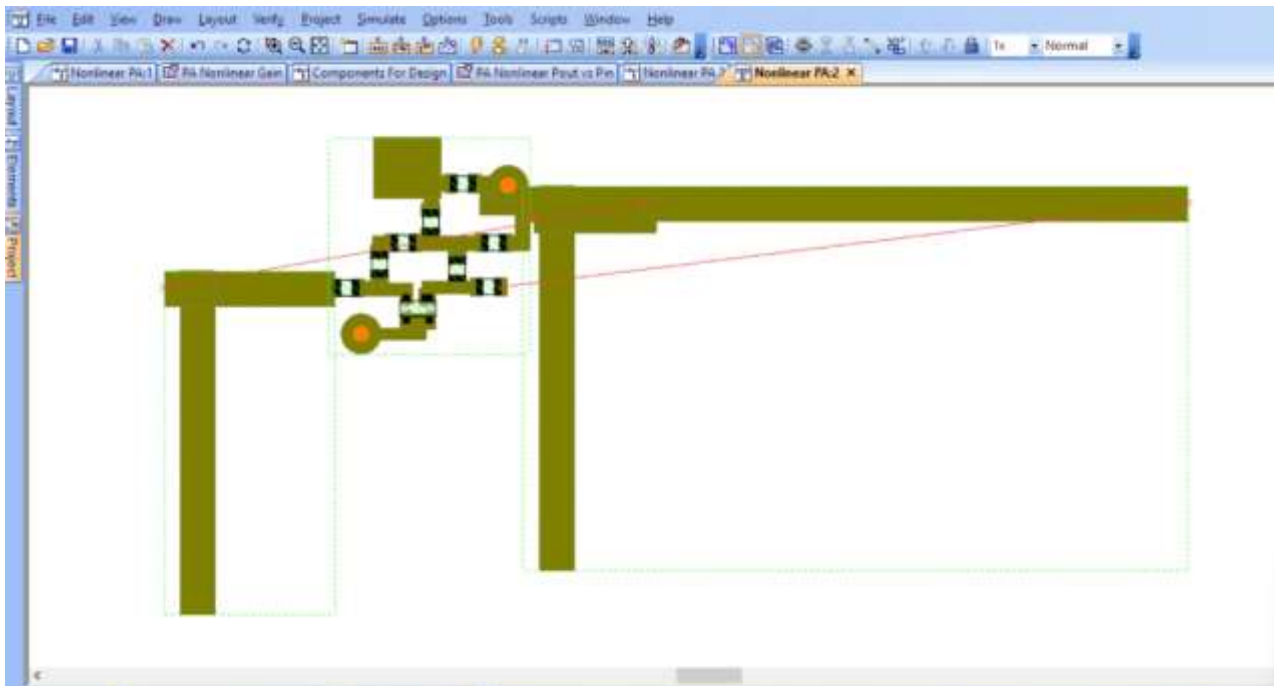


Рисунок 2 – Внешний вид макета усилителя мощности

Дополнительно в схему включены индуктивности L1 и L2, каждая с номиналом 100 нГн. Эти элементы формируют частотно-зависимые цепи, такие как фильтры и резонансные контуры, которые необходимы для настройки усилителя на рабочую частоту 2.4 ГГц. Источник постоянного напряжения V4 с выходным напряжением 9 В обеспечивает питание активных компонентов схемы. Порты P1 и P2, имеющие импедансы 50 Ом и 50 Ом соответственно, служат для подключения внешних устройств, таких как антенны или измерительные приборы, и обеспечивают согласование с другими блоками радиолокационной системы. В совокупности эти компоненты формируют основу для анализа и оптимизации усилителя мощности.

Результаты моделирования демонстрируют ключевые характеристики усилителя мощности в рабочем диапазоне частот (рис. 3).

Максимальное усиление ($DB(|S(2,1)|)$) составляет 11.06 дБ на частоте 2.401 ГГц, что указывает на эффективное усиление сигнала вблизи центральной частоты. Однако уже на частоте 2.404 ГГц усиление падает до 8.481 дБ, что свидетельствует о резком снижении коэффициента передачи при небольшом отклонении от рабочей точки. Такое поведение подтверждает узкополосность системы, которая обеспечивает высокое усиление лишь в ограниченном частотном диапазоне.

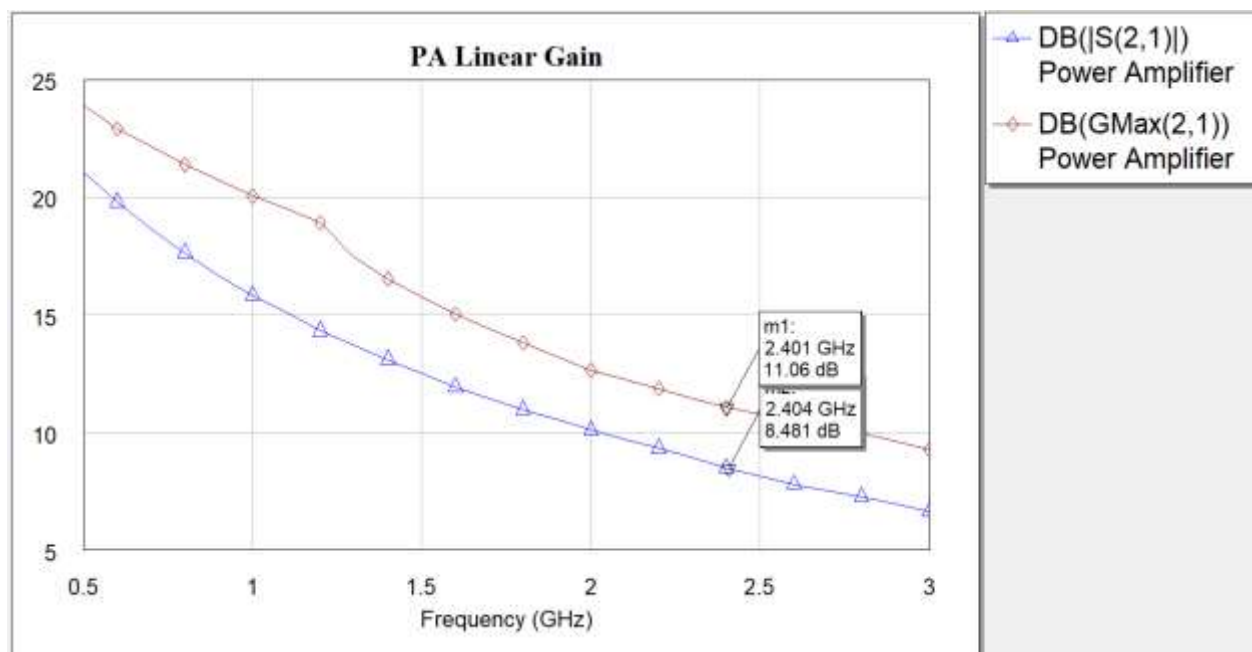


Рисунок 3 - Коэффициенты усиления усилителя мощности

Заключение.

Проведённое исследование продемонстрировало эффективность применения среды проектирования AWR для анализа и оптимизации усилителя мощности ВЧ в радиолокационной системе. Результаты моделирования подтвердили, что разработанная схема обеспечивает стабильное усиление 11.06 дБ на целевой частоте 2.4 ГГц, удовлетворяя ключевым требованиям по мощности и качеству сигнала. Особое значение в работе системы играет антенный переключатель, который минимизирует потери при переключении между режимами передачи и приёма, повышая общую эффективность радиолокационного комплекса.

Список использованных источников:

1. Транзистор BFG520/XR типа NPN широкой полосы частот 9 ГГц : техническое описание, редакция 5 / NXP Semiconductors, 2021.
2. Гончаренко, И.В. Проектирование усилителей производительности СВЧ : монография / И.В. Гончаренко. – Москва : Радио и связь, 2018. – 328 с.
3. Среда проектирования AWR : руководство пользователя. Версия 15 / Cadence Design Systems, 2022.
4. Примечания к применению Microwave Office : методы проектирования усилителей мощности / Cadence, 2023.
5. Никифоров, В.В. Современные методы проектирования радиоэлектронной аппаратуры с использованием САПР : учеб.-методич. пособие / В.В. Никифоров. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2020.

UDC 621.375.026

MODELING AND ANALYSIS OF RF POWER AMPLIFIER IN RADAR SYSTEM USING AWR DESIGN ENVIRONMENT

Tun Tun Lin, master's student

Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus

Dubovik I. A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The article presents the results of complex modeling and analysis of the characteristics of a high-frequency (2.4 GHz) power amplifier for radar systems, performed in the professional AWR design environment. The main attention is paid to the study of the key parameters of the amplifier, including the gain (reaching 11.06 dB at a frequency of 2.401 GHz), stability of operation and energy efficiency. A detailed analysis of the circuit containing capacitors (200 pF - 100,000 pF), inductors (100 nH), resistors (75 kOhm) and other key components is carried out. Particular attention is paid to the issues of parameter optimization for bandwidth expansion and impedance matching improvement. The results of the study demonstrate the compliance of the developed circuit with modern requirements of radar systems and offer specific solutions for their practical implementation. The article also considers the practical application of the obtained results in the design of airborne and ground-based radar stations.

Keywords. Power amplifier, AWR Design Environment, radar system, S-parameters, BFG520, linear gain.

УДК 621.396.96

ПРИМЕНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ УГЛОВЫХ КООРДИНАТ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ В ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМАХ

Тэт Найнэ Вин, магистрант

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Дубовик И. А. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. Рассматриваются современные алгоритмы обнаружения и измерения угловых координат воздушных целей в оптико-электронных системах. Проанализированы основные методы обработки видеоинформации для определения пространственного положения объектов в условиях сложной фоновой обстановки.

Ключевые слова. оптико-электронные системы, измерение, обнаружение, воздушная цель.

Введение.

В условиях развития современной авиационной техники и увеличения интенсивности воздушного движения задача эффективного обнаружения и точного определения координат воздушных целей становится особенно актуальной. Ключевую роль в решении этой задачи играют оптико-электронные системы (ОЭС), обеспечивающие высокую точность измерений и возможность работы в различных условиях. Актуальность исследования обусловлена необходимостью совершенствования существующих алгоритмов обработки видеоинформации для повышения эффективности обнаружения и точности измерения угловых координат воздушных целей в сложных фоновых обстановках. Развитие современных авиационных средств поражения, характеризующихся высокой маневренностью и малой заметностью, требует новых подходов к обработке информации в ОЭС. Существующие методы обнаружения и измерения координат зачастую не обеспечивают требуемой эффективности в условиях различных видов помех, сложного фона и неблагоприятных метеорологических условий. Это обуславливает необходимость разработки и исследования новых алгоритмических решений, повышающих вероятность правильного обнаружения целей и снижающих уровень ложных тревог.

В статье представлено комплексное решение, объединяющее два технических подхода: высокоточное отслеживание объектов с использованием алгоритма CSRT (Channel and Spatial Reliability Tracker) [1], реализованного на Raspberry Pi с OpenCV, и точное измерение координат с использованием фильтров Калмана и альфа-бета, реализованных в MATLAB. Платформа Raspberry Pi предлагает оптимальный баланс между вычислительной мощностью и энергоэффективностью для полевых оптоэлектронных систем, в то время как алгоритм CSRT обеспечивает превосходную производительность отслеживания в сложных условиях с окклюзиями и сложным фоном. Подсистема измерения координат реализует и сравнивает два подхода к фильтрации — фильтр Калмана для оптимальной оценки и вычислительно эффективный фильтр альфа-бета — для определения наиболее подходящего решения для различных рабочих сценариев.

Основная часть.

Алгоритмы сопровождения и измерения координат воздушных целей можно классифицировать по различным признакам. Алгоритм извлечения контура изображения, алгоритмы извлечения специальной маски изображения, алгоритм корреляции для поиска изображений с использованием метода шаблона, измерение координат с использованием фильтра Калмана, измерение координат с использованием фильтра альфа-бета и метода CSRT (Channel and Spatial Reliability Tracker).

Извлечение контура изображения — фундаментальная техника в компьютерном зрении, которая определяет и представляет границы объектов на изображении [2, 3]. Она служит критическим этапом предварительной обработки для обнаружения, отслеживания и анализа формы объектов (рисунок 1).



Рисунок 1 — Извлечение краев изображения с помощью различных операторов:
а — Собеля, б — Лапласа, в — Кэнни, г — Превитта

Алгоритмы выделения особых точек изображений – алгоритмы на основе признаков, такие как SIFT – масштабно-инвариантного преобразования признаков (рисунок 2) [4], SURF – ускорения надежных функций (рисунок 3) [5] и ORB – ориентированный FAST и повернутый BRIEF (рисунок 4) [6], предоставляют надежные методы извлечения отличительных областей изображения (ключевых точек), которые могут служить специализированными масками для отслеживания и распознавания объектов.

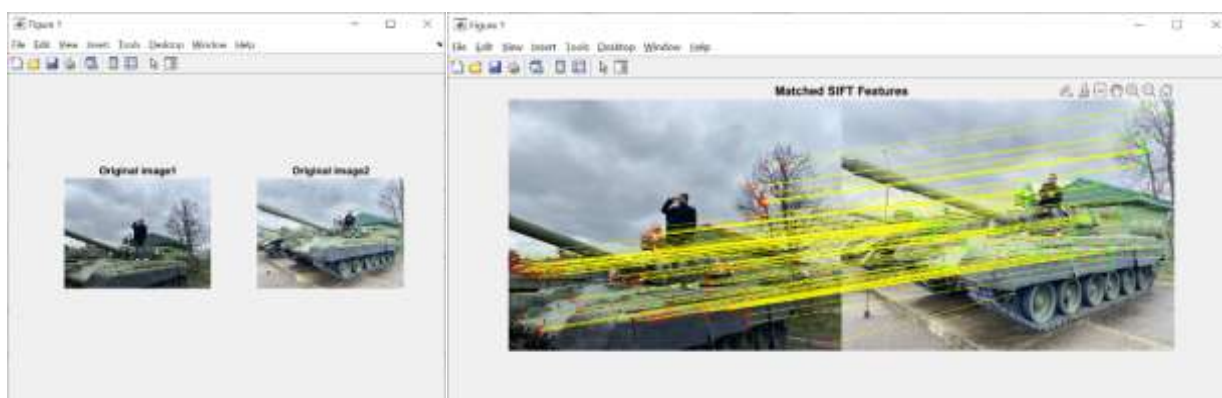


Рисунок 2 – Алгоритмы извлечения специальных масок из изображений с использованием SIFT

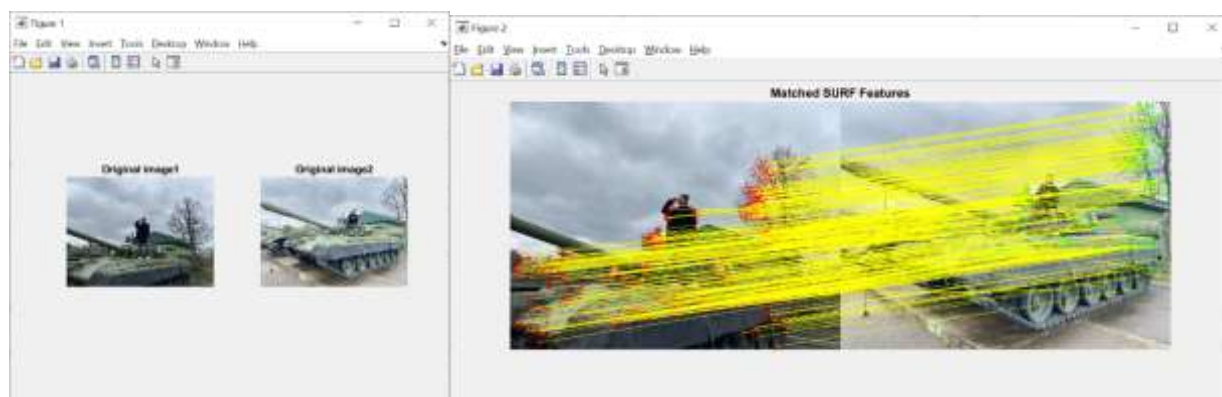


Рисунок 3 – Алгоритмы извлечения специальных масок из изображений с использованием SURF

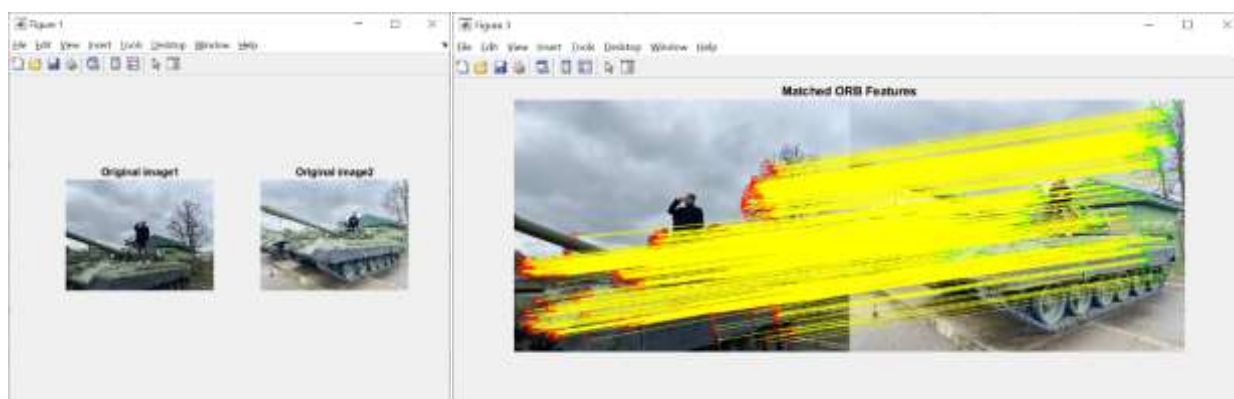


Рисунок 4 – Алгоритмы извлечения специальных масок из изображений с использованием ORB

Алгоритм корреляции для поиска изображений методом шаблона – сопоставление шаблонов является фундаментальной техникой в компьютерном зрении для нахождения предопределенного изображения шаблона в более крупном целевом изображении [7]. Подходы на основе корреляции измеряют сходство между областями шаблона и изображения для выявления совпадений, что делает их ценными для отслеживания объектов, промышленного контроля и оптоэлектронного распознавания целей (рисунок 5).

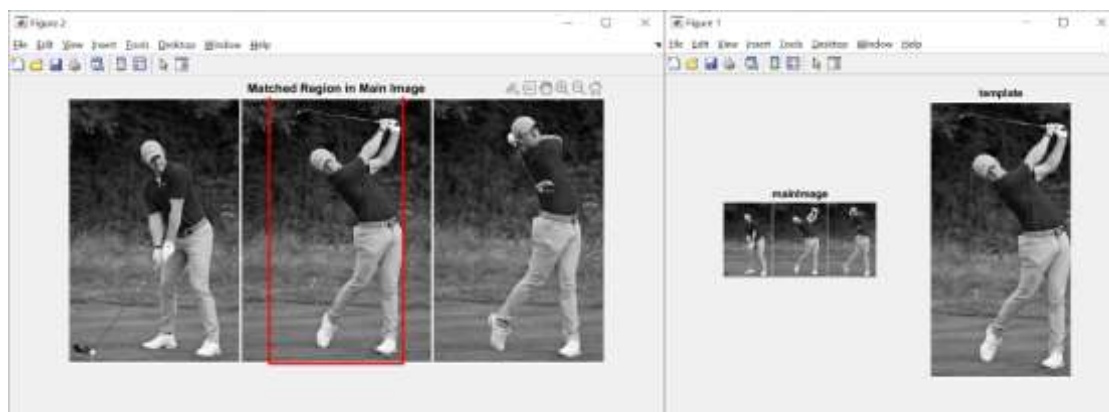


Рисунок 5 – Корреляционный алгоритм поиска изображений шаблоном методом

Способы измерения угловых координат объектов на изображении. Точное измерение угловых координат имеет решающее значение для приложений отслеживания объектов в аэрокосмической, оборонной и робототехнической областях. В этом разделе представлены передовые подходы к фильтрации — фильтр Калмана (рисунок 6) [8] и фильтр Альфа-Бета (рисунок 7) [9] — для точной оценки угловых координат из зашумленных измерений изображения, с особым акцентом на реализацию во встроенных системах машинного зрения.

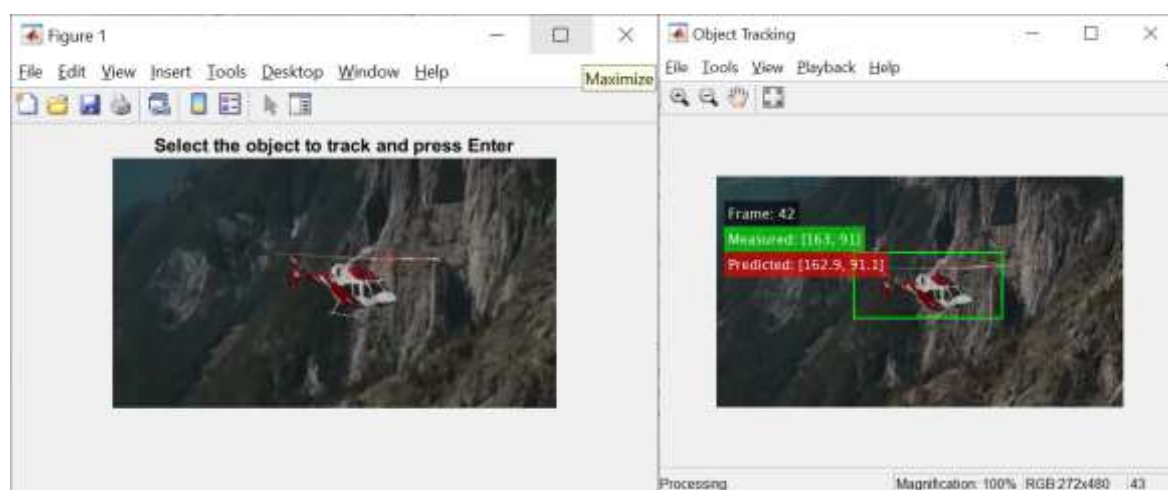


Рисунок 6 – Измерение координат вертолета по видео с использованием фильтра Калмана

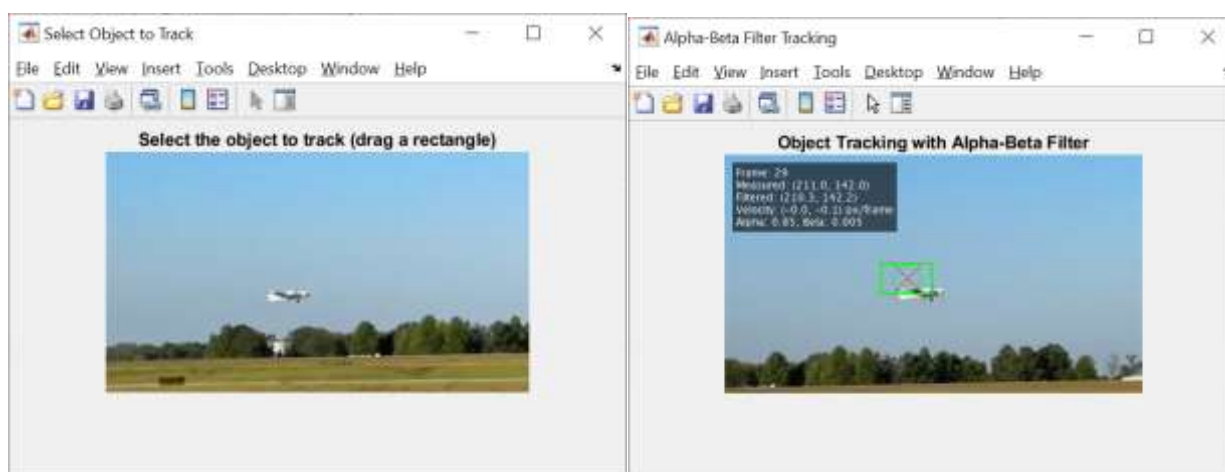


Рисунок 7 – Измерение координат вертолета по видео с использованием фильтра Альфа-Бета

Отслеживание объектов и измерение координат с помощью Raspberry Pi - Реализованная система отслеживания на основе CSRT демонстрирует надежную производительность в реальном времени на оборудовании Raspberry Pi, достигая достаточной частоты кадров для многих практических приложений (рисунок 8). Интеграция с алгоритмами измерения координат и фильтрации обеспечивает комплексное решение для оценки углового положения в оптоэлектронных системах.



Рисунок 8 – Отслеживание объектов с помощью CSRT и измерение координат в Raspberry Pi

Заключение.

В результате проведенного исследования были рассмотрены и проанализированы современные подходы к решению задачи обнаружения и измерения угловых координат воздушных целей в оптико-электронных системах. Показано, что применение алгоритмов машинного обучения и нейронных сетей позволяет существенно повысить эффективность работы систем наблюдения за воздушными объектами. Дальнейшие исследования могут быть направлены на совершенствование методов обработки данных в реальном времени, повышение точности измерений и расширение функциональных возможностей системы за счет интеграции с другими типами датчиков.

Список использованных источников:

1. Lukežić, A., Vojir, T., Cehovin Zajc, L., Matas, J., Kristan, M. Discriminative Correlation Filter with Channel and Spatial Reliability // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 2018. – Т. 40. – № 4. – С. 951–965.
2. Canny, J. A Computational Approach to Edge Detection // *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*. – 1986. – Т. 8. – № 6. – С. 679–698.
3. Sobel, I., Feldman, G. A 3x3 Isotropic Gradient Operator for Image Processing // *Pattern Classification and Scene Analysis*. – Wiley, 1973. – С. 271–272.
4. Lowe, D.G. Distinctive Image Features from Scale-Invariant Keypoints // *International Journal of Computer Vision*. – 2004. – Т. 60. – № 2. – С. 91–110.
5. Bay, H., Ess, A., Tuytelaars, T., Van Gool, L. SURF: Speeded Up Robust Features // *Computer Vision and Image Understanding*. – 2008. – Т. 110. – № 3. – С. 346–359.
6. Rublee, E., Rabaud, V., Konolige, K., Bradski, G. ORB: An efficient alternative to SIFT or SURF // *IEEE International Conference on Computer Vision*. – 2011. – С. 2564–2571.
7. Lewis, J.P. Fast Template Matching // *Vision Interface*. – 1995. – С. 120–123.
8. Kalman, R.E. A New Approach to Linear Filtering and Prediction Problems // *Journal of Basic Engineering*. – 1960. – Т. 82. – № 1. – С. 35–45.
9. Tenne, D., Singh, T. The higher order unscented filter // *Proceedings of the American Control Conference*. – 2003. – Т. 3. – С. 2441–2446.

UDC 621.396.96

APPLICATION OF ALGORITHMS FOR DETECTION AND MEASUREMENT OF ANGULAR COORDINATES OF AIRBORNE TARGETS IN OPTOELECTRONIC SYSTEMS

Thet Naing Win, master's student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Dubovik I. A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The modern algorithms for detection and measurement of angular coordinates of aerial targets in optoelectronic systems are considered. The main methods of video information processing for determining the spatial position of objects in complex background-target environments have been analyzed.

Keywords. optoelectronic systems, measurement, detection, air target.

УДК 621.396

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВОГО РАДИОПРИЕМНИКА HACK-RF ONE ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ БПЛА

Чжо Нанда, магистрант

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Дубовик И. А. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. В статье рассматривается применение цифрового радиоприемника Hack-RF One для обнаружения канала управления беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Исследование направлено на решение актуальной задачи защиты от несанкционированного доступа к каналам управления БПЛА с использованием технологий программно-определяемого радио (SDR). Представлены возможности Hack-RF One в сочетании с программным обеспечением GNU Radio для мониторинга радиочастотного пространства, анализа сигналов и изучения физических эффектов в реальном времени.

Ключевые слова. Hack-RF One, программно-определяемое радио (SDR), GNU Radio, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), канал управления, радиочастотный мониторинг, защита от несанкционированного доступа.

Введение.

Современные тенденции в авиационной и оборонной промышленности все больше фокусируются на разработке и использовании беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) различного назначения: от военных операций и мониторинга окружающей среды до доставки грузов и пассажиров. По мере увеличения количества БПЛА в коммерческом и военном использовании растет и потенциальная угроза атак БПЛА на системы управления и мониторинга этих аппаратов. Обнаружение и защита от несанкционированного доступа к каналам управления становятся критически важными задачами. Использование современных цифровых радиоприемных устройств открывает новые возможности для обнаружения и мониторинга радиочастотного пространства, что может помочь в обнаружении и предотвращении атак на БПЛА.

Изучение возможностей Hack-RF One.

Программно-определяемая радиоплатформа для широкополосных радиочастотных приложений Hack-RF One [1] – одно из самых популярных устройств SDR на рынке (рисунок 1). Термин SDR означает «Software Defined Radio» и используется для объединения систем радиосвязи, которые реализуют программные, а не аппаратные компоненты, отвечающие за модуляцию и демодуляцию радиосигналов.



Рисунок 1 – Внешний вид Hack-RF One

Среди факторов, делающих Hack-RF One таким популярным, его способность принимать и передавать радиосигналы в диапазоне от 1 МГц до 6 ГГц, его совместимость с программным обеспечением с открытым исходным кодом, и его «низкая» цена (рисунок 2).

Для конфигурирования рабочих параметров программно-определяемой радиосистемы Hack-RF One находит широкое применение платформа GNU Radio [2]. Указанная программная среда с открытым исходным кодом реализует парадигму визуального проектирования радиоэлектронных систем посредством модульной архитектуры, где базовые элементы сигнальной обработки (фильтрация, демодуляция, спектральный анализ) интегрируются через графический интерфейс композиции блок-схем. Данная методология существенно упрощает разработку специализированных RF-приложений без необходимости низкоуровневого программирования.

• 1 MHz to 6 GHz operating frequency	• SMA female antenna connector
• half-duplex transceiver	• SMA female clock input and output for synchronization
• up to 20 million samples per second	• convenient buttons for programming
• 8-bit quadrature samples (8-bit I and 8-bit Q)	• internal pin headers for expansion
• compatible with GNU Radio, SDR, and more	• Hi-Speed USB 2.0
• software-configurable RX and TX gain and baseband filter	• USB-powered
• software-controlled antenna port power (50 mA at 3.3 V)	• open source hardware

Рисунок 2 – Характеристики Hack-RF One

На основании приведенных данных можно констатировать, что синергетическое использование аппаратной платформы Hack-RF One с программной средой GNU Radio позволило реализовать специализированное программное обеспечение, обеспечивающее детектирование беспилотных летательных аппаратов посредством анализа радиочастотных сигнатур.

В рамках исследования было разработано экспериментальное приложение, которое ориентировано на идентификацию БПЛА в частотном диапазоне 2.4 ГГц, используемом для каналов управления (рисунок 3).

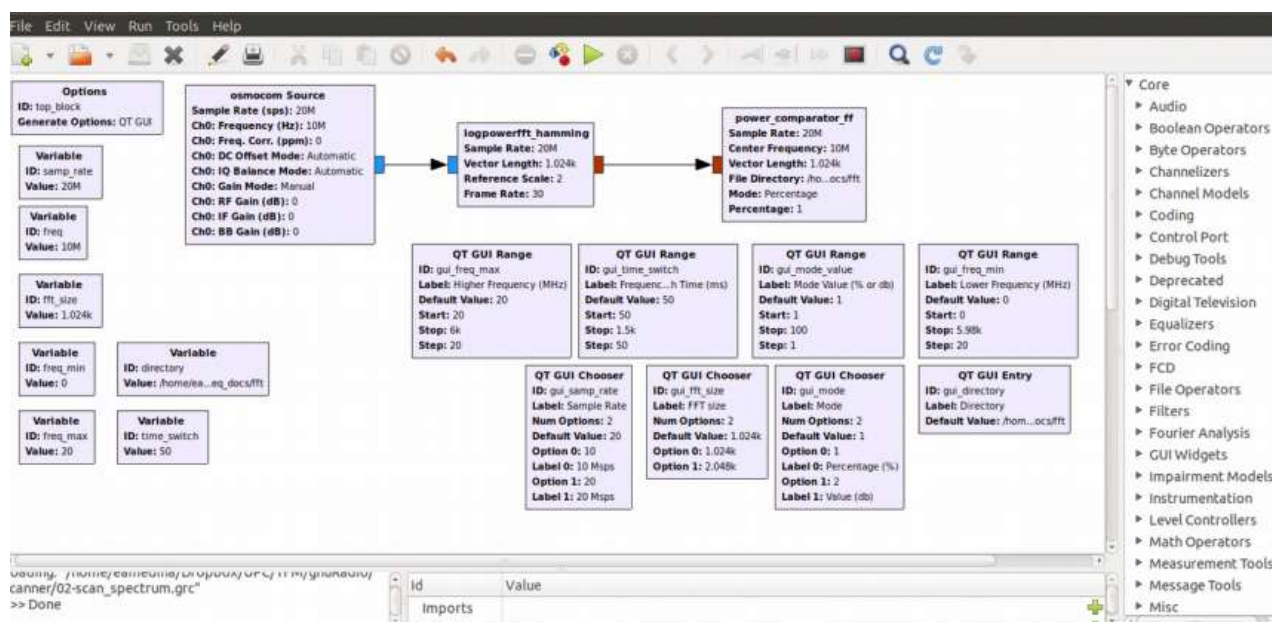


Рисунок 3 – Программа для БПЛА с Hack RF в GNU Radio

Алгоритм работы включает:

- полосовую фильтрацию сигналов с выделением целевого диапазона;
- демодуляцию типовых протоколов (DSSS, FHSS);
- сравнение с эталонными паттернами телеметрических сигналов БПЛА;
- генерацию оповещений при обнаружении корреляций.

Использование разработанного приложения обеспечивает возможность широкополосного захвата радиоспектра, цифровой обработки сигналов (включая адаптивную фильтрацию и выделение информативных признаков), а также интерактивной визуализации динамики спектральных характеристик в режиме реального времени (рисунок 4).

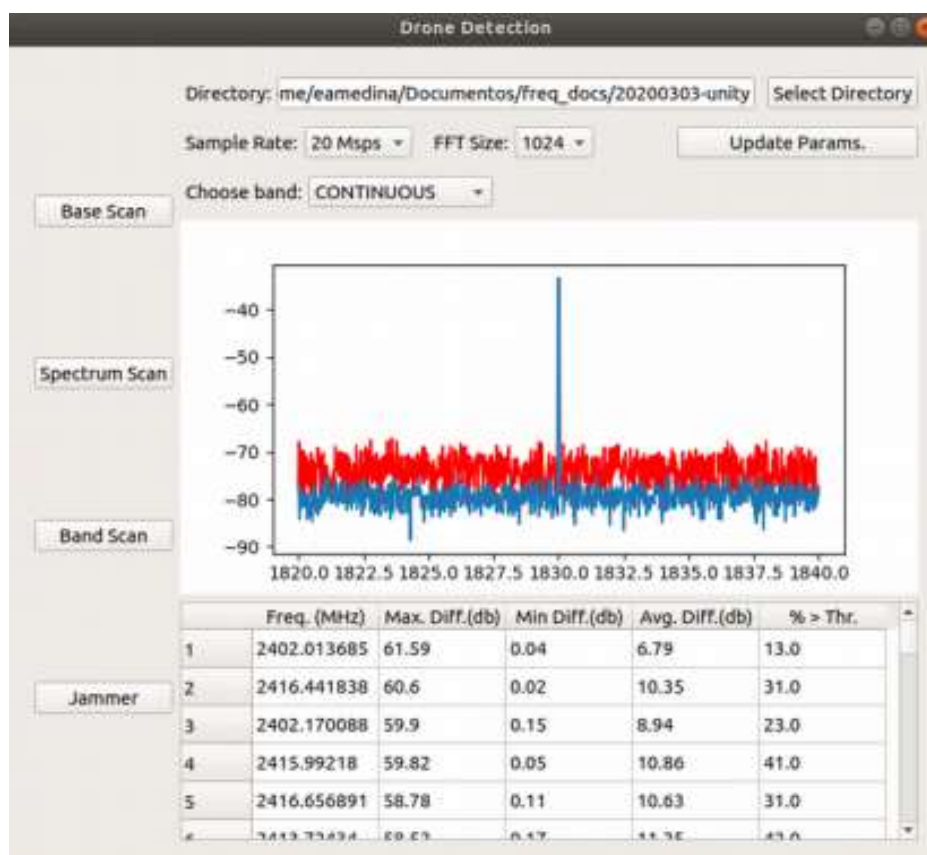


Рисунок 4 - Динамика спектральных характеристик БПЛА в режиме реального времени

Заключение.

Интеграция Hack-RF One и GNU Radio демонстрирует перспективность использования SDR-технологий для задач радиоэлектронного мониторинга. Разработанное приложение для анализа диапазона 2.4 ГГц позволяет оперативно идентифицировать каналы управления БПЛА, что актуально для обеспечения безопасности критической инфраструктуры. Ключевыми преимуществами решения являются гибкость настройки, адаптивность к различным протоколам и низкая стоимость реализации. Дальнейшее развитие проекта предполагает внедрение машинного обучения для классификации сигнатур и расширение частотного охвата до 5.8 ГГц с целью детектирования FPV-систем.

Список использованных источников:

1. Great Scott Gadgets. HackRF One — Technical Specifications [Электронный ресурс]. URL: <https://greatscottgadgets.com/hackrf/one/> (дата обращения: 13.04.2025).
2. Truong NB и Yu C. Исследование задержки в программном обеспечении радио GNU с платформой USRP embedded series SDR // В: Восьмая международная конференция по широкополосным и беспроводным вычислениям, связи и приложениям 2013 г. (BWCCA), Компьен, Франция, 28–30 октября 2013 г. – С. 9–14.

UDC 621.396

APPLICATION OF HACK-RF ONE DIGITAL RADIO RECEIVER FOR UAV CONTROL CHANNEL DETECTION

Kyaw Nanda, master's student

Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus

Dubovik I. A. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. The paper discusses the application of the Hack-RF One digital radio receiver for detecting the control channel of unmanned aerial vehicles (UAVs). The study is aimed at solving the urgent problem of protecting against unauthorized access to UAV control channels using software-defined radio (SDR) technologies. The capabilities of the Hack-RF One in combination with the GNU Radio software for monitoring the radio frequency space, analyzing signals and studying physical effects in real time are presented.

Keywords. Hack-RF One, программно-определяемое радио (SDR), GNU Radio, беспилотные летательные аппараты (БПЛА), канал управления, радиочастотный мониторинг, защита от несанкционированного доступа.

УДК 621.372.512

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА КРУГЛОЙ ЗАЗЕМЛЯЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ НА ВХОДНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ МОНОПОЛЬНОЙ АНТЕННЫ В ДИАПАЗОНЕ 2,4–2,5 ГГц

Чжо Туха, магистрант

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
Институт информационных технологий,
г. Минск, Республика Беларусь*

Бойкачев П. В. – канд. техн. наук, доцент

Аннотация. В данной работе исследовано влияние размера круглой заземляющей поверхности на входное сопротивление монополярной антенны в диапазоне частот 2,4–2,5 ГГц. Методом компьютерного моделирования проанализирована зависимость активной составляющей входного импеданса от диаметра заземляющей плоскости. Установлено, что при уменьшении размера заземляющей поверхности ниже $\lambda/4$ (~30 мм) наблюдается значительное снижение активной части комплексного сопротивления излучения и ухудшение передаточных характеристик от источника сигнала к антенне. Оптимальные характеристики достигаются при размерах заземляющей плоскости от $\lambda/2$ до λ (60–125 мм), что обеспечивает хорошее согласование импеданса и стабильность работы в рабочем диапазоне частот. Практические рекомендации включают использование заземляющих плоскостей диаметром не менее 60 мм для устройств беспроводной связи стандартов Wi-Fi и Bluetooth. Результаты исследования могут быть применены при проектировании компактных антенных систем.

Ключевые слова: монополярная антенна, заземляющая плоскость, входное сопротивление, диапазон частот 2,4 ГГц, согласование импеданса, беспроводные технологии, антенное проектирование.

Введение.

Монополярные антенны широко используются в беспроводных системах связи, особенно в диапазоне 2,4–2,5 ГГц, благодаря своей простой конструкции и всенаправленной диаграмме направленности. Однако их работа сильно зависит от заземляющей поверхности, которая служит отражателем. Размер заземляющей поверхности существенно влияет на входной импеданс, в частности на его активную составляющую, что сказывается на согласовании и эффективности передачи мощности. В работе исследуется влияние изменения диаметра круглой заземляющей поверхности на активную составляющую комплексного сопротивления монополярной антенны в диапазоне 2,4–2,5 ГГц. Моделирование проводится в CST STUDIO SUITE [1].

Основные принципы работы заземляющей поверхности и монополярной антенны.

Монополярная антенна требует наличия проводящей заземляющей поверхности, так как она формирует зеркальное отражение излучающего элемента. Входное сопротивление антенны включает в себя как активную, так и реактивную составляющие, причем активное сопротивление влияет в основном на передаточные характеристики в тракте источника сигнала – антенна фидерный тракт. Размер заземляющей поверхности напрямую влияет на распределение токов, взаимодействие в ближней зоне и диаграмму направленности в дальней зоне. Неправильно подобранный размер заземляющей поверхности может привести к рассогласованию импеданса, снижая эффективность передачи полезного сигнала и полосу пропускания антенны.

Влияние размера заземляющей поверхности на активную часть комплексного сопротивления.

Активное сопротивление монополярной антенны изменяется в зависимости от диаметра заземляющей поверхности, демонстрируя различное поведение при малых, средних и больших размерах относительно длины волны ($\lambda \approx 125$ мм на частоте 2,45 ГГц).

1. Малая заземляющая поверхность (диаметр $< \lambda/4$, ~30 мм и менее).

Если заземляющая поверхность мала по сравнению с длиной волны, активное сопротивление обычно низкое и нестабильное. Ограниченная площадь заземляющей поверхности ухудшает эффективность излучения. Сопротивление может значительно колебаться в диапазоне 2,4–2,5 ГГц из-за сильных дифракционных эффектов на краях заземляющей поверхности. Кроме того, диаграмма направленности антенны искажается, что дополнительно ухудшает характеристики.

2. Средняя заземляющая поверхность (диаметр $\approx \lambda/2 - \lambda$, ~60–120 мм).

При увеличении диаметра заземляющей поверхности до половины длины волны и более активное сопротивление возрастает и стабилизируется. Большая площадь обеспечивает лучшие передаточные характеристики, обеспечивая минимизацию нежелательных реактивных составляющих импеданса. Сопротивление излучения становится преобладающим, что способствует лучшему согласованию импеданса. В этом диапазоне размеров активное сопротивление остается относительно постоянным в полосе частот, делая антенну более предсказуемой и эффективной для практического применения.

3. Большая заземляющая поверхность (диаметр $> \lambda$, ~125 мм и более).

Для заземляющих поверхностей, значительно превышающих длину волны, активное сопротивление приближается к теоретическому значению монополя над бесконечной заземляющей поверхностью ($\sim 36,5$ Ом для $\lambda/4$ монополя). Дальнейшее увеличение размера почти не влияет на сопротивление, так как дополнительная площадь незначительно изменяет распределение токов. Сопротивление остается практически неизменным в диапазоне 2,4–2,5 ГГц, обеспечивая стабильную работу антенны. Однако чрезмерно большие заземляющие поверхности могут быть непрактичными в компактных устройствах, не давая при этом существенных преимуществ.

Моделирование.

Монополь 30,5 мм ($\lambda/4$ при 2,45 ГГц); круглые плоскости заземления: диаметр от 15 мм до 245 мм; подложка FR-4 ($\epsilon_r=4,3$, $h=1,6$ мм).

Вид и диаграмма направленности моделируемой антенны показаны на рисунке 1.

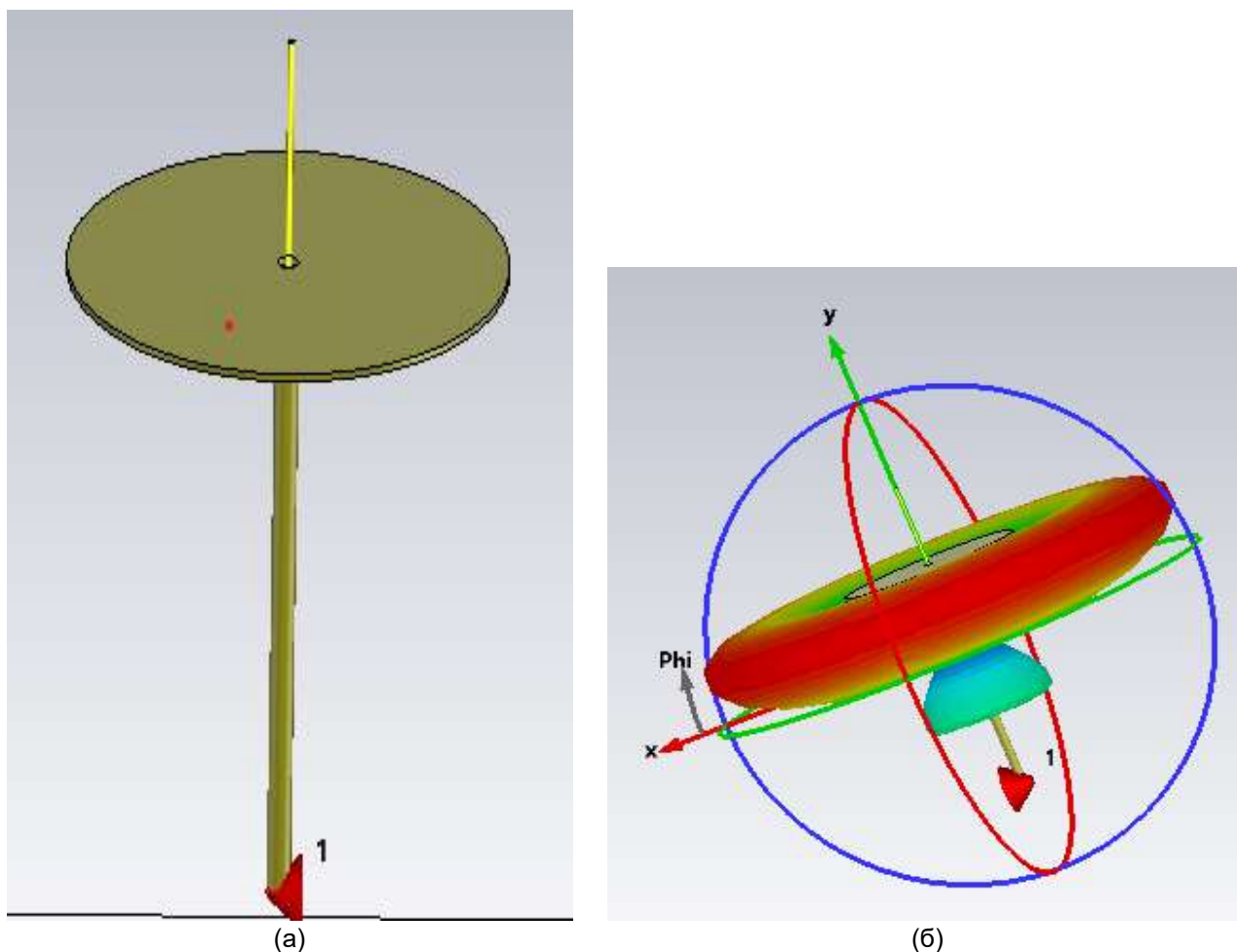


Рисунок 1 – Моделирование антенны:
(а) вид моделируемой антенны; (б) диаграмма направленности антенны на частоте 2.45 ГГц

Результаты моделирования.

Функции зависимости параметра S_{11} от частоты и диаметра показаны на рисунке 2.

Основные наблюдения показывают, что изменение круглой заземляющей поверхности существенно влияют на сопротивление моделируемой антенны, а именно:

1. < 30 мм: высокое сопротивление (70-100 Ом)
2. 60 мм: около 50 Ом
3. 120 мм: стабилизируется на уровне ~ 36 Ом

Это подтверждает тот факт, что при разработке подобных антенн необходимо уделять особое внимание диаметру круглой заземляющей поверхности. Моделирование показывает, что входной импеданс антенны чувствителен к диаметру заземляющей поверхности и как следствие влияет на S параметры [2].

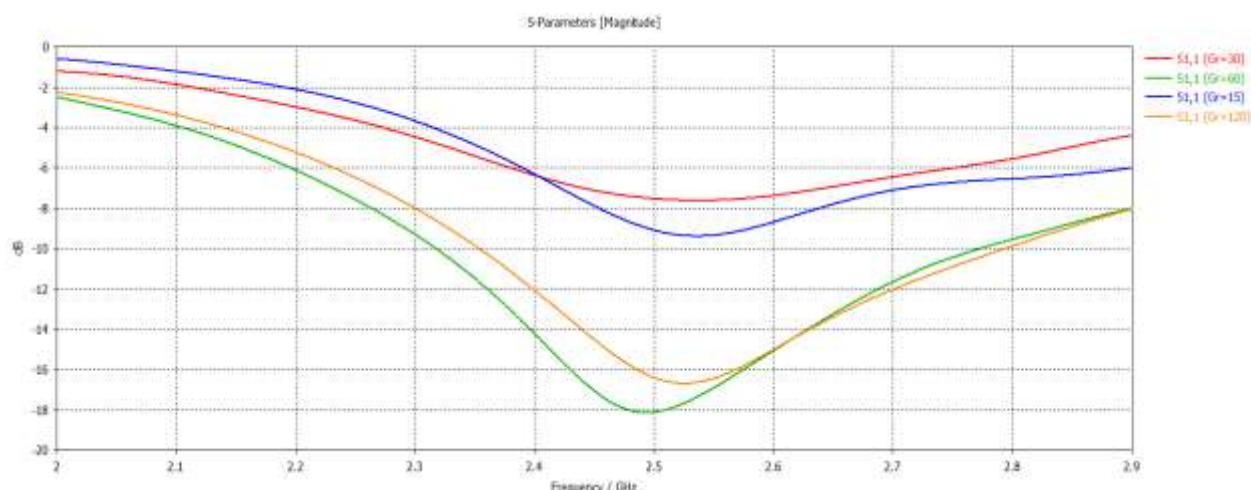


Рисунок 2 – Зависимость S11 от частоты и диаметра круглой заземляющей поверхности

Результаты и обсуждение.

Выдвигается гипотеза, что изменение входного сопротивления в зависимости от размера заземляющей плоскости. Результаты моделирования показали четкую зависимость между диаметром плоскости заземления и входным сопротивлением. Для очень малых заземляющих поверхностей ($D < \lambda/4$) входное сопротивление оставалось высоким (70-100 Ом), что указывает на плохое согласование с фидером 50 Ом. По мере увеличения диаметра до $\lambda/2$ сопротивление падает до диапазона 45-55 Ом, что представляет собой значительно улучшенное согласование. Дальнейшее увеличение до λ не приводит к вариациям импеданса, при этом сопротивление стабилизируется в районе 36-40 Ом.

Заключение.

Размер круглой заземляющей поверхности критически важен для определения активного сопротивления monopольной антенны в диапазоне 2,4–2,5 ГГц (в рамках экспериментального моделирования). Малая заземляющая поверхность приводит к низкому и нестабильному сопротивлению, тогда как увеличение диаметра улучшает согласование и стабильность импеданса. Для оптимальной работы рекомендуется использовать заземляющую поверхность диаметром не менее $\lambda/2$ (~60 мм), так как это обеспечивает хороший баланс между размером, оптимальной величиной и стабильностью сопротивления. Дальнейшее увеличение размера дает незначительный эффект, поэтому заземляющие поверхности средних размеров являются более предпочтительным.

Список использованных источников:

1. Курушин, А.А. Школа проектирования микроволновых устройств в CST STUDIO SUITE / А.А. Курушин // М., Однокнижная книга, 2014. – 433 с.
2. Бойкачев, П.В. Результаты исследования влияния условий эксплуатации на импеданс антенных устройств УКВ/УКВ радиостанций / П.В. Бойкачев, И.А. Дубовик, В.О. Исаев // Минск: Вестник БА РБ. – 2019. – No2(63). – С. 32–40.

UDC 621.372.512

THE EFFECT OF THE SIZE OF THE CIRCULAR GROUNDING SURFACE ON THE INPUT IMPEDANCE OF A MONOPOLE ANTENNA IN THE 2.4–2.5 GHz RANGE

Kyaw Thiha, master's student

*Institute of Information Technologies of the Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics,
Minsk, Republic of Belarus*

Boykachev P. V. – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Annotation. In this paper, the effect of the size of a circular grounding surface on the input impedance of a monopole antenna in the 2.4-2.5 GHz frequency range is investigated. The dependence of the active component of the input resistance on the diameter of the grounding plane is analyzed by computer modeling and experimental measurements. It has been found that with a decrease in the size of the grounding surface below $\lambda/4$ (~30 mm), a significant decrease in radiation resistance and deterioration in the stability of the parameters are observed. Optimal characteristics are achieved with the dimensions of the grounding plane from $\lambda/2$ to λ (60-125 mm), which ensures good impedance matching and stability in the operating frequency range. Practical recommendations include the use of grounding planes with a diameter of at least 60 mm for Wi-Fi and Bluetooth wireless communication devices. The results of the study can be applied in the design of compact antenna systems.

Keywords. monopole antenna, grounding plane, input impedance, radiation resistance, 2.4GHz band, impedance matching, wireless technologies, antenna design.

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Анацко Д.Д.	76
Антонович В.А.	5
Арловская Е.С.	9
Ахундов Н.Т.	14
Бакун Л.И.	18
Бричак Е.Ю.	21
Васильев А.С.	26
Веревкин А.А.	30
Вовна А.Д.	34
Водопьян А.О.	37
Войкель В.И.	41
Германович Д.О.	46
Достанко А.В.	50
Дудко А.Д.	53
Карнаух Д.М.	34
Лазарева Ю.А.	57, 62
Малолеткин А.Б.	67
Павлюченко К.А.	72
Потоцкий Д.С.	50, 88
Стельмак К.Д.	76
Стефняк Е.В.	80
Стефняк Ю.В.	80
Стилбо И.И.	88
Суббот Д.В.	91
Табанец М.С.	95
Вей Ян Тан Тхайк	99
Е Каунг Мьят	103
Е Сван	108
Тун Тун Аунг	111
Тун Тун Лин	115
Тэт Найнг Вин	119
Чжо Нанда	123
Чжо Тиха	126

Руководители

Бойкачёв П. В.	108, 126
Власова Г.А.	37, 53
Дубовик И. А.	99, 111, 115, 119, 123
Карнаух Д.М.	34
Климов С.М.	9
Кунцевич О.Ю.	26, 30, 46, 95
Парамонов А.И.	5, 18, 72
Потоцкий Д.С.	50, 88
Савенко А.Г.	80
Сицко В.А.	62
Скудняков Ю.А.	21, 41, 57, 62, 67, 76
Храменков А. С.	103
Шведова О.А.	91
Шпак И.И.	14

Научное издание

ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ

Сборник статей

61-й научной конференции

аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР

(Минск, 21-25 апреля 2025 года)

В авторской редакции

Ответственный за выпуск: А.И. Парамонов