ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

Институт прикладных информационных технологий и коммуникаций

Кафедра «Прикладные информационные технологии»

Направление 09.04.02 «Информационные системы и технологии»

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА**

«Разработка интеллектуального программного обеспечения распознавания типа БПЛА: модуль аудиального распознавания»

Студент Кузнецов Сергей Константинович

фамилия, имя, отчество

курс 2 группа м3-ИФСТ-21

Руководитель

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| к.т.н., доцент кафедры ПИТ | 17.06.2025 | М. С. Королёв |
| должность, ученая степень, уч. звание | подпись, дата | Инициалы Фамилия |

Допущен к защите

Протокол № 21 от «17» июня 2025 года

Зав. кафедрой «Прикладные информационные технологии»

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| кандидат технических наук, доцент | 17.06.25 | О.А. Торопова |  |
| ученая степень, уч. звание | подпись, дата | Инициалы Фамилия |  |

Саратов 2025г

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ**

**ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**

**ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»**

Институт прикладных информационных технологий и коммуникаций

Кафедра «Прикладные информационные технологии»

Направление 09.04.02 «Информационные системы и технологии»

ЗАДАНИЕ

на выпускную квалификационную работу

Студенту (ке) \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Кузнецову Сергею Константиновичу\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

фамилия, имя, отчество

Тема ВКР: «Разработка интеллектуального программного обеспечения распознавания типа БПЛА: модуль аудиального распознавания»

утверждена на заседании кафедры, протокол № 5 от «19» ноября 2024 г.

Дата защиты «\_\_\_\_\_» июня 2025 г.

Оценка защиты \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Секретарь ГЭК Каликинская Е.Ю.\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

подпись

**Саратов 2024г**

**Целевая установка и исходные данные**

Целью выпускной квалификационной работы является разработка интеллектуального программного обеспечения для распознавания типа БПЛА с использованием модуля аудиального анализа. Модуль может предоставлять возможность пользователю в реальном времени рассчитывать вероятность нахождения в аудиосигнале звуков характерных БПЛА.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **перечень чертежей, подлежащих разработке** | **формат, кол-во** |
|  | ***Чертежи не предусмотрены*** |  |

**Руководитель**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| к.т.н., доцент кафедры ПИТ | **19.11.2024** | М. С. Королёв |
| **должность, ученая степень, уч. звание** | **подпись, дата** | **Инициалы Фамилия** |

**Содержание расчетно-пояснительной записки**

Во введении необходимо описать предметную область и её проблематику.

В первой главе необходимо проанализировать задачи, требования к разрабатываемому программному обеспечению, провести анализ существующих аналогов программного обеспечения.

Во второй главе необходимо провести анализ и аргументировать выбор технологий для разработки программного обеспечения, определить алгоритм разработки программного обеспечения.

В третьей главе необходимо описать архитектуру разрабатываемого продукта, процесс разработки и возможности программного обеспечения.

В заключении необходимо сделать выводы о проделанной работе.

**Основная рекомендуемая литература**

1. Сапрыкин, Д. А. Алгоритмы машинного обучения в классификации и ее задачи в обучении моделей / Д. А. Сапрыкин, Е. Ю. Кравцова // Моя профессиональная карьера. – 2022. – Т. 2, № 43. – С. 232-237. – EDN TENJXE.
2. Гришков Данила Юрьевич, Аусилова Назерке Мырзабековна ЯЗЫК ВЫСОКОГО УРОВНЯ ПРОГРАММИРОВАНИЯ PYTHON // НИР/S&R. 2022. №1 (9). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/yazyk-vysokogo-urovnya-programmirovaniya-python> (дата обращения: 21.05.2024).
3. Luo C. et al. Comparison and benchmarking of ai models and frameworks on mobile devices //arXiv:2005.05085. – 2020.
4. Wu X. et al. An xception based convolutional neural network for scene image classification with transfer learning //2020 2nd international conference on information technology and computer application (ITCA). – IEEE, 2020. – С. 262-267.
5. Dhillon A., Verma G. K. Convolutional neural network: a review of models, methodologies and applications to object detection //Progress in Artificial Intelligence. – 2020. – Т. 9. – №. 2. – С. 85-112.

**Руководитель**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| к.т.н., доцент кафедры ПИТ | 19.11.2024 | М. С. Королёв |
| должность, ученая степень, уч. звание | подпись, дата | Инициалы Фамилия |

**Задание принял к исполнению:**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 19.11.2024 | С. К. Кузнецов |
|  | подпись, дата | Инициалы Фамилия |

УТВЕРЖДАЮ:

**Руководитель ВКР**

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Королев М.С.**

подпись

**19.11.2024**

КАЛЕНДАРНЫЙ ГРАФИК

работы над ВКР

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Разделы, темы и  их содержание | % от общего объема работы | Дата выполнения по графику | Отметка о выполнении, дата фактического выполнения, подпись руководителя |
| **1** | Анализ и описание предметной области, формулировка целей и задач | 10 | 23.04.2025 – 28.04.2025 |  |
| **2** | Обзор и анализ существующих программных продуктов для распознования БПЛА | 10 | 29.04.2025 – 10.05.2025 |  |
| **3** | Разработка нейросети для генерации модели опознавания БПЛА | 25 | 11.05.2025 – 14.05.2025 |  |
| **4** | Разработка программы анализирующей аудиосигнал в реальном времени | 30 | 15.05.2025 – 24.05.2025 |  |
| **5** | Разработка графического интерфейса пользователя | 10 | 25.05.2025 – 10.06.2025 |  |
| **6** | Тестирование ПО | 5 | 11.06.2025 – 12.06.2025 |  |
| **7** | Составление пояснительной записки | 10 | 13.06.2025 – 16.06.2025 |  |

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Студент** | 19.11.2024 | | С. К. Кузенцов |
|  | | подпись, дата | Инициалы Фамилия |

**РЕФЕРАТ**

Выпускная квалификационная работа «Разработка интеллектуального программного обеспечения распознавания типа БПЛА: модуль аудиального распознавания» содержит 85 страниц, 16 иллюстраций, 6 таблиц, 20 источников.

Ключевые слова: Детекция БПЛА, нейронные сети, глубокое обучение, анализ аудиосигнала в реальном времени, генерация модели.

Целью ВКР является Разработка интеллектуального программного обеспечения распознавания типа БПЛА: модуль аудиального распознавания. Модуль может предоставлять возможность пользователю в реальном времени рассчитывать вероятность нахождения в аудиосигнале звуков характерных БПЛА.

Задачи выпускной квалификационной работы:

●Провести анализ предметной области и существующих программных решений-аналогов;

●Определить функциональные возможности разрабатываемых модулей, входные и выходные параметры;

●Выбрать средства разработки программных модулей и графического интерфейса;

* Выбрать средства разработки серверной части;
* Выбрать средства разработки клиентской части;
* Выбрать средства разработки для анализа аудиопотока;
* Спроектировать и разработать часть для генерации модели для встраивания ее на сервер;
* Спроектировать и разработать приложение для анализа аудиопотока;
* Спроектировать и разработать графический интерфейс для взаимодействия с пользователем.

В результате выполнения выпускной квалификационной работы было спроектирована и разработано программное обеспечения «Распознования БПЛА»: Модуль аудиального распознавания. Система имеет ряд преимуществ по сравнению со своими аналогами, она упростит и удешевит процесс детекции БПЛА в реальном времени.

В 1 главе выпускной квалификационной работы была рассмотрена предметная область, выявлены сложности, с которыми сталкиваются люди, работающие или относящиеся к этой сфере. Были рассмотрены и проанализированы существующие аналоги разработанного программного обеспечения для детекции БПЛА в реальном времени.

В результате анализа аналогов и предметной области во 2 главе были выявлены функциональные возможности разработанного программного обеспечения, а также подобраны удобные инструменты для его разработки.

Также в ходе выполнения выпускной квалификационной работы было спроектировано и разработано кроссплатформенное программное обеспечение «Распознования БПЛА»: модуль аудиального распознавания, которое обладает следующим функционалом:

* Определение звуковой сигнатуры дронов в реальном времени;
* Классификация звуковых сигнатур дронов в реальном времени;
* Возможность быстрой замены одной модели на другую;
* Система совместима с большинством типов записывающих устройств;
* Система может работать автономно;
* Система может работать с подключением к сети;
* Система для обучения поддерживает использования CUDA ядер.

Для разработки программного обеспечения были выбраны следующие технологии: для серверной части приложения был использован язык программирования Python и фреймворк Django, клиентская часть была разработана с помощью языка программирования JavaScript.

**АННОТАЦИЯ**

Цель работы: Целью ВКР является Разработка интеллектуального программного обеспечения распознавания типа БПЛА: модуль аудиального распознавания. Модуль может предоставлять возможность пользователю в реальном времени рассчитывать вероятность нахождения в аудиосигнале звуков характерных БПЛА.

Актуальность выпускной квалификационной работы обусловлена тем, что:

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) получили широчайшее распространение как в гражданской сфере (доставка грузов, мониторинг объектов, аэрофотосъемка, сельское хозяйство), так и в военном деле (разведка, целеуказание, ударные миссии). Однако их массовая доступность и простота управления привели к появлению новых угроз безопасности: нарушениям воздушного пространства критически важных объектов (аэропортов, энергостанций, военных баз), контрабанде, несанкционированной съемке и даже террористическим атакам. Традиционные методы обнаружения БПЛА (радары, оптико-электронные системы, радиоразведка) имеют ограничения, особенно против малогабаритных и низколетящих дронов в условиях сложного рельефа, городской застройки или при активном противодействии (например, использовании режимов радиомолчания).

В этих условиях аудиальное распознавание БПЛА представляет собой перспективное направление, обладающее рядом ключевых преимуществ:

* Пассивность: Акустические системы работают только на прием, не излучая сигналов, что делает их скрытными и не обнаруживаемыми для самого БПЛА.
* Всепогодность: Звук распространяется в любых метеоусловиях (туман, дождь, снег), где эффективность оптических систем резко падает.
* Низкая стоимость: Микрофонные массивы и системы обработки звука, по сравнению с радарами или мощными оптико-электронными комплексами, относительно недороги.
* Обнаружение "невидимых" целей: Способность обнаруживать БПЛА, использующие малозаметные материалы или летящие на фоне земли/строений, где радары и камеры могут не сработать, а также дроны в режиме радиомолчания.

Каждый тип БПЛА (мультикоптеры типа DJI Phantom/Mavic, квадрокоптеры, октокоптеры, самолетные схемы) обладает уникальной акустической подписью, формируемой шумом двигателей (электрических или ДВС) и аэродинамическим шумом вращающихся винтов. Эта подпись зависит от количества моторов, их расположения, типа винтов, частоты вращения и режима полета.

Учитывая все эти факторы, можно сделать вывод, что существует значительная потребность в разработке приложения, которое позволит надежно идентифицировать приближающийся БПЛА по его звуковой сигнатуре в реальных условиях сильных шумовых помех. Это позволит существенно повысить эффективность систем обнаружения и классификации БПЛА, дополнив существующие методы, и будет способствовать обеспечению безопасности воздушного пространства над охраняемыми объектами и территориями.

Задачи выпускной квалификационной работы:

● Провести анализ предметной области и существующих программных решений-аналогов;

●Определить функциональные возможности разрабатываемых модулей, входные и выходные параметры;

●Выбрать средства разработки программных модулей и графического интерфейса;

* Выбрать средства разработки серверной части;
* Выбрать средства разработки клиентской части;
* Выбрать средства разработки для анализа аудиопотока;
* Спроектировать и разработать часть для генерации модели для встраивания ее на сервер;
* Спроектировать и разработать приложение для анализа аудиопотока;
* Спроектировать и разработать графический интерфейс для взаимодействия с пользователем;

Основные результаты: В результате выполнения выпускной квалификационной работы было спроектирована и разработано программное обеспечения «Детектор БПЛА»: Модуль аудиального распознавания. Система имеет ряд преимуществ по сравнению со своими аналогами, она упростит и ускорит процесс детекции БПЛА.

В 1 главе выпускной квалификационной работы была рассмотрена предметная область, выявлены сложности, с которыми сталкиваются люди, работающие или относящиеся к этой сфере. Были рассмотрены и проанализированы существующие аналоги разработанного программного обеспечения для детекции БПЛА в реальном времени.

В результате анализа аналогов и предметной области во 2 главе были выявлены функциональные возможности разработанного программного обеспечения, а также подобраны удобные инструменты для его разработки.

Также в ходе выполнения выпускной квалификационной работы было спроектировано и разработано кроссплатформенное программное обеспечения «Детектор БПЛА»: модуль аудиального распознавания обладающее следующим функционалом:

* Определение звуковой сигнатуры дронов в реальном времени;
* Классификация звуковых сигнатур дронов в реальном времени;
* Возможность быстрой замены одной модели на другую;
* Система совместима с большинством типов записывающих устройств;
* Система может работать автономно;
* Система может работать с подключением к сети;
* Система для обучения поддерживает использования CUDA ядер;

Работа состоит из пояснительной записки на 85 страниц, 16 иллюстраций, 6 таблицы, 20 источников.

ABSTRACT

Purpose of the work: The purpose of the research is to develop intelligent recognition software for the UAV type: the auditory recognition module. The module can enable the user to calculate in real time the probability of finding sounds characteristic of UAVs in the audio signal.

The relevance of the final qualifying work is due to the fact that:

Unmanned aerial vehicles (UAVs) have become widespread both in the civilian sphere (cargo delivery, object monitoring, aerial photography, agriculture) and in military affairs (reconnaissance, targeting, strike missions). However, their mass availability and ease of management have led to new security threats: violations of the airspace of critical facilities (airports, power plants, military bases), smuggling, unauthorized filming, and even terrorist attacks. Traditional methods of detecting UAVs (radars, optoelectronic systems, radio intelligence) have limitations, especially against small-sized and low-flying drones in conditions of difficult terrain, urban development, or with active counteraction (for example, using radio silence modes).

Under these conditions, audio recognition of UAVs is a promising area with a number of key advantages:

* Passivity: Acoustic systems work only on reception, without emitting signals, which makes them stealthy and undetectable by the UAV itself;
* All-weather: Sound propagates in any weather conditions (fog, rain, snow), where the efficiency of optical systems drops sharply;
* Low cost: Microphone arrays and sound processing systems are relatively inexpensive compared to radars or powerful optoelectronic complexes;
* Detection of "invisible" targets: The ability to detect UAVs using inconspicuous materials or flying against the background of the ground/buildings where radars and cameras may not work, as well as drones in radio silence mode;

Each type of UAV (DJI Phantom/Mavic multicopter, quadcopter, octocopter, airplane circuits) has a unique acoustic signature formed by the noise of engines (electric or internal combustion engines) and the aerodynamic noise of rotating propellers. This signature depends on the number of motors, their location, type of propellers, speed and flight mode. Taking into account all these factors, it can be concluded that there is a significant need to develop an application that will reliably identify an approaching UAV by its sound signature in real conditions of strong noise interference. This will significantly improve the effectiveness of UAV detection and classification systems, complementing existing methods, and will contribute to ensuring the safety of airspace over protected objects and territories.

Objectives of the final qualifying work:

● To analyze the subject area and existing analog software solutions;

● Determine the functionality of the modules being developed, input and output parameters;

● Select software module and GUI development tools;

* Select the server side development tools;
* Select the client side development tools;
* Select development tools for audio stream analysis;
* Design and develop a part for generating a model for embedding it on the server;
* Design and develop an application for audio stream analysis;
* Design and develop a graphical interface for user interaction;

Main results: As a result of the completion of the final qualifying work, the UAV Detector software was designed and developed: the Auditory recognition Module. The system has a number of advantages over its counterparts, it will simplify and speed up the UAV detection process. In chapter 1 of the final qualifying work, the subject area was reviewed, and the difficulties faced by people working or related to this field were identified. The existing analogues of the developed software for UAV detection in real time were reviewed and analyzed. As a result of the analysis of analogues and the subject area in Chapter 2, the functionality of the developed software was identified, as well as convenient tools for its development were selected.

Also, during the completion of the final qualifying work, the UAV Detector cross-platform software was designed and developed: an audio recognition module with the following functionality:

* Real-time drone sound signature detection;
* Real-time classification of drone sound signatures;
* The ability to quickly replace one model with another;
* The system is compatible with most types of recording devices.;
* The system can work independently;
* The system can work with a network connection.;
* The training system supports the use of CUDA cores;

The work consists of an explanatory note on 85 pages, 16 illustrations, 6 tables, 20 sources.

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

**ОТЗЫВ**

руководителя о выпускной квалификационной работе

Разработка интеллектуального программного обеспечения распознавания типа БПЛА: модуль аудиального распознавания

студента 2 курса Института прикладных информационных технологий и коммуникаций Кузнецова Сергея Константиновича

фамилия, имя, отчество

прошедшего обучение по направлению 09.04.02 «Информационные системы и технологии», профиль «Интеллектуальные медиатехнологии».

Выпускная квалификационная работа Кузнецова С.К. по объему и содержанию соответствует утвержденному техническому заданию.

Студентом в соответствии с целью выпускной квалификационной работы проведен анализ предметной области, задач и функций разрабатываемого интеллектуального программного обеспечения распознавания типа БПЛА: модуль аудиального распознавания, а также сформулированы требования, предъявляемые к разрабатываемому ПО. Осуществлен анализ инструментальных средств создания модуля аудиального БПЛА, что позволило выбрать среду разработки. Выбор языка программирования Python и фреймворков TensorFlow/PyTorch обоснован их эффективностью в задачах машинного обучения и наличием специализированных библиотек для анализа звуковых сигналов (Librosa, PyAudio). Кузнецов С.К. показал умение анализировать и систематизировать информацию. Вопросы, рассмотренные в работе, изложены с достаточной полнотой и обоснованностью.

Работа не содержит информации, составляющей государственную, интеллектуальную, коммерческую тайну, или другую информацию, не подлежащую публикации без согласования с правообладателем.

Содержание выпускной квалификационной работы изложено технически грамотно, пояснительная записка, программная часть выполнены на высоком уровне. Содержимое текста пояснительной записки оригинально, значительных заимствований и чрезмерных цитирований выявлено не было. Учитывая вышеизложенное, считаю, что Кузнецов С.К. полностью подготовлен к самостоятельной работе и достоин присвоения квалификации магистр по направлению «Информационные системы и технологии».

Руководитель

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| доцент каф. ПИТ, к. т. н. | 17.06.2024 | М.С. Королёв |
| должность, ученая степень, уч. звание | подпись, дата | Инициалы Фамилия |

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ

ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САРАТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ГАГАРИНА Ю.А.»

**Рецензия**

на выпускную квалификационную работу

Разработка интеллектуального программного обеспечения распознавания типа БПЛА: модуль аудиального распознавания

студента 2 курса Института прикладных информационных технологий и коммуникаций Кузнецова Сергея Константиновича

фамилия, имя, отчество

прошедшего обучение по направлению 09.04.02 «Информационные системы и технологии», профиль «Интеллектуальные медиатехнологии».

Выпускная квалификационная работа Кузнецова С.К. посвящена разработке интеллектуального программного обеспечения распознавания типа БПЛА: модуль аудиального распознавания. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) широко используются не только в гражданской сфере (доставка, мониторинг), но и в военных, диверсионных и террористических целях. Это создает потребность в раннем обнаружении дронов до их приближения к охраняемому объекту, классификации типа БПЛА (мультикоптер, самолетного типа, гибридные модели) для оценки угрозы, автоматическом трекинге по акустическому следу в условиях ограниченной видимости (ночь, туман, городские помехи) и т.п.

В рамках теоретической значимости можно выделить подробный анализ технологий разработки модуля аудиального распознавания БПЛА. Выбор языка программирования Python и фреймворков TensorFlow/PyTorch обоснован их эффективностью в задачах машинного обучения и наличием специализированных библиотек для анализа звуковых сигналов (Librosa, PyAudio). Серверная часть реализована на Django, обеспечивая интеграцию нейросетевой модели с веб интерфейсом, а клиентская часть разработана с использованием React.js для интерактивной визуализации результатов.

В рамках практической значимости отметим, что разработанное программное обеспечение соответствует актуальным тенденциям цифровизации систем безопасности и может применяться в различных областях - от охраны критически важных объектов до гражданских систем контроля воздушного пространства. Кузнецов С.К. показал умение анализировать и систематизировать информацию. Вопросы, рассмотренные в работе, изложены с достаточной полнотой и обоснованностью.

Содержание выпускной квалификационной работы изложено технически грамотно и соответствует всем предъявляемым требованиям. Пояснительная записка и программная реализация выполнены на высоком уровне. Работа заслуживает оценки «отлично», а Кузнецов С.К. полностью подготовлен к самостоятельной работе и достоин присвоения квалификации магистр по направлению «Информационные системы и технологии».

Рецензент

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Генеральный директор  ООО «КИИНАЙ» | 17.06.2025 | К.Н. Резников |

**СОДЕРЖАНИЕ**

[ВВЕДЕНИЕ 1](#_Toc201509827)

[1 ОБЗОР И АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ 3](#_Toc201509828)

[1.1 Анализ использования интеллектуального программного обеспечения для детекции беспилотных летательных объектов 3](#_Toc201509829)

[1.2 Анализ существующих продуктов-аналогов 6](#_Toc201509830)

[1.2.1 Описание "Sky Guard" 7](#_Toc201509831)

[1.2.2 Описание акустического детектора "Малик" 9](#_Toc201509832)

[1.2.3 Описание комплекса "D2C" 12](#_Toc201509833)

[1.3 Анализ существующих методов и алгоритмов 21](#_Toc201509834)

[2 ПРОЕКТИРОВАНИЕ АРХИТЕКТУРЫ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА ДРОНА АУДИАЛЬНЫМ МЕТОДОМ 24](#_Toc201509835)

[2.1 Проектирование архитектуры программного обеспечения 24](#_Toc201509836)

[2.2 Функциональные возможности интеллектуального программного обеспечения и входные/выходные данные 24](#_Toc201509837)

[2.3 Обзор и анализ технологий разработки программного обеспечения 26](#_Toc201509841)

[2.4 Выбор языка разработки для информационной системы для разработки нейронной сети для обучения модели 27](#_Toc201509842)

[2.4.1 .Net C# 28](#_Toc201509843)

[2.4.2 Python 30](#_Toc201509844)

[2.4.3 Java 33](#_Toc201509845)

[2.4.4 Go 35](#_Toc201509846)

[2.4.5 Сравнительный анализ языков программирования для создания нейросети для обучения модели 38](#_Toc201509847)

[2.5 Выбор средств разработки информационной системы 39](#_Toc201509848)

[2.6 Выбор средств разработки информационной системы со стороны разработки нейронной сети 40](#_Toc201509849)

[2.6.1 PyCharm 40](#_Toc201509850)

[2.6.2 VS Code 42](#_Toc201509851)

[2.6.3 Atom 45](#_Toc201509852)

[2.6.4 Сравнительный анализ сред разработки 47](#_Toc201509853)

[2.7 Выбор средств разработки информационной системы со стороны Backend 48](#_Toc201509854)

[2.7.1 C# 48](#_Toc201509855)

[2.7.2 Java с Spring 51](#_Toc201509856)

[2.7.3 Python с Django 53](#_Toc201509857)

[2.7.4 Сравнительный анализ средств разработки 55](#_Toc201509858)

[2.8 Платформы для разработки Front-end части приложения 57](#_Toc201509859)

[2.8.1 Visual Studio Code 57](#_Toc201509860)

[2.8.2 Atom 58](#_Toc201509861)

[2.8.3 WebStorm 59](#_Toc201509862)

[2.8.4 Сравнительный анализ платформ для разработки интерфейса пользователя 61](#_Toc201509863)

[3 Разработка интеллектуального программного обеспечения распознавания типа БПЛА: модуль аудиального распознавания 63](#_Toc201509864)

[3.1 Реализация нейронной сети для обучения 63](#_Toc201509865)

[3.2 Сбор датасета 67](#_Toc201509866)

[3.3 Front-end часть для встраивания модели 70](#_Toc201509867)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 75](#_Toc201509868)

[СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ 77](#_Toc201509869)

