МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Южно-Уральский государственный университет**

**(национальный исследовательский университет)»**

**Высшая школа электроники и компьютерных наук**

**Кафедра системного программирования**

**Тема работы**

КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине «Программная инженерия»

ЮУрГУ – 09.03.04.2023.308-348.КР

|  |  |
| --- | --- |
| Нормоконтролер,д.ф.-м.н., доцент, профессор каф. СП  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Т.А. Макаровских  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г. | Научный руководитель:  д.ф.-м.н., доцент, профессор каф. СП  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Т.А. Макаровских  Автор работы:  студент группы КЭ-303  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Е.В. Ращупкин  Работа защищена  с оценкой: \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2023 г. |

Челябинск, 2023 г.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Южно-Уральский государственный университет**

**(национальный исследовательский университет)»**

**Высшая школа электроники и компьютерных наук**

**Кафедра системного программирования**

УТВЕРЖДАЮ

Зав. кафедрой СП

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Л.Б. Соколинский

06.02.2023 г.

**ЗАДАНИЕ**

**на выполнение курсовой работы**

по дисциплине «Программная инженерия»

студенту группы КЭ-303

Ращупкину Евгению Владимировичу,

обучающемуся по направлению

09.03.04 «Программная инженерия»

1. **Тема работы**

Разработка десктопного приложения для расчета маршрута сельскохозяйственного дрона по имеющимся характеристикам.

1. **Срок сдачи студентом законченной работы:** 29.05.2023 г.
2. **Исходные данные к работе**
3. The Rust Programming Language [Электронный ресурс] URL: https://doc.rust-lang.org/stable/book/
4. Tauri guides [Электронный ресурс] URL: https://tauri.app/v1/guides/
5. «Геоскан» - беспилотные технологии [Электронный ресурс] URL: https://www.geoscan.aero/ru/products/geoscan401
6. **Перечень подлежащих разработке вопросов3**
7. Изучить методы разделения сельскохозяйственного поля на сетку ячеек, расчёта маршрута следования дрона по центрам этих ячеек. Методы учёта характеристик дрона вносящих корректировки в маршрут;
8. Привести описание требований к разрабатываемому продукту на основе диаграмм вариантов использования UML. ;
9. Спроектировать структуру приложения и разработать необходимые модули для ее функционирования, связать модули для работы с графическим интерфейсом программы;
10. Протестировать возможности системы подав на вход реальные данные, координаты поля и характеристики дрона, сравнить результаты с ожидаемыми.
11. **Дата выдачи задания:** 06.02.2023 г.

**Научный руководитель,**

д.ф.-м.н., доцент, профессор каф. СП Т.А. Макаровских

**Задание принял к исполнению** Е.В. Ращупкин

# ГЛОССАРИЙ

1. *Алгоритм SHA-256* – представляет собой алгоритм, который принимает в качестве входных данных любые произвольные данные и создает серию уникальных цифр и букв [1].
2. *Алгоритм консенсуса* – это процесс получения согласованного результата группой участников [2].
3. *Блокчейн (цепочка блоков)* – это цифровой реестр, где все совершенные транзакции хранятся в списке блоков. Цепочка блоков растет по мере добавления новых блоков [3].
4. *Верификация* – процесс сравнения двух уровней спецификации средств вычислительной техники или автоматизированных систем на надлежащее соответствие [4].
5. *Идентификатор* – уникальный признак субъекта или объекта доступа [4].
6. *Идентификация* – присвоение субъектам и объектам доступа идентификатора и (или) сравнение предъявляемого идентификатора с перечнем присвоенных идентификаторов [4].
7. *Транзакция* – это атомарная операция над базой данных, то есть она либо завершается, либо не происходит вообще, но не может быть оставлена в промежуточном состоянии [5].

*Частный блокчейн* – это цепочка блоков, в которой, не каждый узел может участвовать в блокчейн, имеет строгое управление полномочиями по доступу к данным [6].

ОГЛАВЛЕНИЕ

[ГЛОССАРИЙ 5](#_Toc1)

[ВВЕДЕНИЕ 8](#_Toc2)

[1. Анализ предметной области и существующих работ по тематике курсового проекта 9](#_Toc3)

[1.1. Предметная область проекта 9](#_Toc4)

[1.2. Анализ аналогичных проектов и существующих решений для реализации проекта 9](#_Toc5)

[1.3. Особенности реализации 12](#_Toc6)

[1.3. Заключение 13](#_Toc7)

[2. Анализ требований к программной системе 14](#_Toc8)

[2.1. Функциональные требования к проектируемой системе 14](#_Toc9)

[2.2. Нефункциональные требования к проектируемой системе 14](#_Toc10)

[2.3. Диаграмма вариантов использования 15](#_Toc11)

[2.4. Спецификация основных прецедентов 17](#_Toc12)

[3. Архитектура системы 25](#_Toc13)

[3.1. Общее описание архитектуры системы 25](#_Toc14)

[4. Реализация и тестирование системы 30](#_Toc15)

[ЗАКЛЮЧЕНИЕ 42](#_Toc16)

[ЛИТЕРАТУРА 44](#_Toc17)

[ПРИЛОЖЕНИЯ 46](#_Toc18)

[Приложение А. Спецификация вариантов использования 46](#_Toc19)

[Приложение Б. Скриншоты приложения 50](#_Toc20)

# ВВЕДЕНИЕ

**Актуальность**

Актуальность данной курсовой работы определяется растущим интересом к применению беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в сельском хозяйстве. В частности, дроны используются для мониторинга урожая, а также для создания точных карт полей. С учетом этого, разработка десктопного приложения, способного оптимизировать маршруты полетов дронов на основе их характеристик, представляется актуальной и востребованной задачей. Данное приложение может помочь сельскохозяйственным предприятиям повысить эффективность использования БПЛА, уменьшить затраты на выезд специалистов за счёт сокращения времени полета.

**Постановка задачи**

Целью курсовой работы является разработка десктопного приложения для расчета маршрута сельскохозяйственного дрона по имеющимся характеристикам. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработать базовую архитектуру приложения, обеспечивающую масштабируемость и легкость внесения изменений в будущем;
2. Изучить существующие алгоритмы планирования маршрута и выбрать наиболее подходящий для целей проекта;
3. Спроектировать и разработать интерфейса пользователя.

**Структура и содержание работы**

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Объем работы составляет 50 страниц, объем списка литературы – 21 источник.

В первой главе описывается анализ предметной области и существующих работ по тематике курсового проекта.

Вторая глава посвящена анализу требований к программной системе.

В третьей главе описана архитектура системы

В четвертой главе приведена реализация и тестирование системы

В приложении А содержатся функции расчета сервиса Algorithms.

# 1. **Анализ предметной области и существующих работ по тематике курсового проекта**

1.1. **Предметная область проекта**

Предметная область проекта связана с разработкой десктопного приложения, предназначенного для расчета маршрута полета сельскохозяйственного дрона. Основной задачей приложения является определение оптимального маршрута полета, учитывающего имеющиеся характеристики дрона и заданные параметры полета.

1.2. **Анализ аналогичных проектов и существующих решений для реализации проекта**

В рамках разработки десктопного приложения для расчета маршрута сельскохозяйственного дрона по имеющимся характеристикам, необходимо реализовать возможность планировки маршрута для фотографирования посевов полей. Эти данные, после планировки маршрута, уже передаются в другое приложение для склейки фотографий поверхности и, при необходимости, анализа. Важным аспектом при планировке маршрута будет учет размеров поля и наличие препятствий на его территории. Кроме того, приложение должно иметь возможность визуализировать маршрут на карте и предоставлять информацию о параметрах полета, таких как высота, длительность полёта и т.д. Все эти функции должны быть реализованы в удобном и интуитивно понятном интерфейсе, который позволит пользователям быстро и эффективно планировать маршруты для фотографирования посевов полей.

Существует множество инструментов для планирования полетов дронов и обработки полученных данных, которые могут быть полезны при разработке десктопного приложения для расчета маршрута сельскохозяйственного дрона по имеющимся характеристикам. Рассмотрим некоторые из них.

DroneDeploy[1] - это один из наиболее распространенных инструментов для планирования полетов дронов и обработки данных. С помощью этого приложения пользователь может задавать параметры полета, такие как высоту, скорость, угол наклона камеры и другие, а также задавать целевые точки на карте, которые дрон должен посетить. Приложение автоматически расчитывает оптимальный маршрут полета и предоставляет возможность обработки полученных данных, например, создание карт и 3D-моделей местности.

Litchi[2] - еще один инструмент для планирования полетов дронов. Он позволяет пользователю задавать различные параметры полета, а также создавать специальные миссии, включающие несколько точек на карте, которые дрон должен посетить в определенном порядке. Litchi также предоставляет возможность записи видео и фото во время полета, а также позволяет управлять камерой дрона в режиме реального времени.

Pix4D Capture[3] - специализированный инструмент для создания карт и 3D-моделей с помощью дронов. Приложение позволяет задавать различные параметры полета, такие как высоту, скорость и угол наклона камеры, а также задавать целевые точки на карте. После полета Pix4D Capture обрабатывает полученные данные и создает точные 3D-модели местности.

UgCS[4] - это инструмент, который позволяет пользователю управлять не только дронами, но и другими беспилотными системами. Пользователь может задавать различные параметры полета, такие как скорость, высота полета и угол наклона камеры, а также задавать целевые точки на карте. Приложение автоматически расчитывает оптимальный маршрут полета и позволяет обрабатывать полученные данные.

Приведём таблицу с сравнением возможностей представленных продуктов (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительный анализ приложений

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Возможность | DroneDeploy | Litchi | Pix4D Capture | UgCS |
| Планирование маршрута полета | Да | Да | Да | Да |
| Управление полетом дрона | Да | Да | Да | Да |
| Обработка полученных данных | Да | Да | Да | Да |
| Визуализация карты | Да | Да | Да | Да |
| Ограниченный ряд поддерживаемых дронов | Да | Да | Да | Да |
| Добавление собственных дронов | Ограничение функционала | Ограничение функционала | Нет | Да |
| Поддержка OC | iOS, Android + Windows, macOS, Linux | iOS, Android + Windows, macOS, Linux | iOS, Android | Windows, macOS, Linux, Android |
| Лицензия | Проприетарная | Проприетарная | Проприетарная | Проприетарная |
| Стоимость | $149+/месяц | $25 | Бесплатно | €790+ или €149+/месяц |

Рассмотрев аналогичные проекты и существующие решения для реализации проекта, можно заметить, что многие из них имеют проприетарную лицензию и не предоставляют возможность добавления собственных дронов. Кроме того, некоторые из них могут быть слишком дорогими для малого бизнеса. В свою очередь, наше приложение будет предоставлять открытый исходный код, что позволит пользователям настраивать и дополнять его функциональность. В приложении будет возможность добавления собственных дронов, что поможет людям с моделями дронов от малоизвестных компаний. Кроме того, распространение приложения будет бесплатным, что обеспечит его доступность и удобство использования для малых предприятий в сельском хозяйстве.

В целом, все эти решения могут быть полезны при разработке десктопного приложения для расчета маршрута сельскохозяйственного дрона по имеющимся характеристикам. Также необходимо обеспечить возможность интеграции с другими системами, например, с системами отправки маршрута на дрон или экспорта в уже существующие форматы представления координат.

1.3. **Особенности реализации**

Для реализации десктопного приложения для расчета маршрута сельскохозяйственного дрона по имеющимся характеристикам, было принято решение использовать веб технологии. Такой подход позволяет обеспечить кроссплатформенность приложения и увеличить его доступность для пользователей.

Для реализации приложения будет использоваться Tauri [7]. Он выбран из-за своей высокой производительности и возможности создания кроссплатформенных десктопных приложений на основе веб-технологий. Tauri, обеспечивает быстрое и эффективное взаимодействие между ядром приложения и веб-интерфейсом.

Для обработки данных будет использоваться язык программирования Rust[8]. Rust позволяет обеспечить высокую производительность и безопасность при обработке данных, что критически важно для такого типа приложений. Более того, Rust имеет большую и быстрорастущую экосистему, что обеспечивает доступность и готовность библиотек и инструментов, необходимых для реализации конкретных функциональных требований приложения.

В качестве фреймворка для разработки пользовательского интерфейса будет использоваться SvelteKit[9]. Этот инструмент позволяет создавать эффективные и быстрые веб-приложения с помощью компиляции кода во время сборки и минимизации размера бандла приложения.

Для визуализации карты мы будем использовать OpenLayers[10] - библиотеку для работы с картами. Она предоставляет широкий спектр функциональности для работы с картами, таких как отображение маршрутов, меток, векторных слоев и т.д. Это поможет нам создать интерактивную карту, на которой можно будет легко планировать маршруты для фотографирования посевов полей.

Таким образом, использование Tauri, Rust, SvelteKit и OpenLayers обеспечивает высокую производительность, безопасность, готовность библиотек и инструментов, а также удобную и эффективную визуализацию карты. Все эти особенности сделают приложение более доступным для пользователей, а также обеспечат надежность в работе.

1.3. **Заключение**

В результате анализа предметной области и существующих работ по тематике курсового проекта был выявлен набор инструментальных средств для реализации поставленной задачи, наиболее полно удовлетворяющий требованиям к подобного рода системам. Было принято решение реализовать систему на основе на базе технологий Tauri, Rust, SvelteKit и OpenLayers.

# 2. **Анализ требований к программной системе**

В результате анализа предметной области и обзора существующих

аналогов были сформированы следующие 2 два основных типа требований:

- функциональные требования - перечень сервисов, которые должна выполнять система.

- нефункциональные требования - описание характеристики системы и её окружения, также содержит перечень ограничений.

2.1. **Функциональные требования к проектируемой системе**

* Пользователь должен иметь возможность добавлять, просматривать, изменять и удалять записи о дронах и камерах в базе данных. Через пользовательский интерфейс системы.
* Система должна иметь возможность строить маршрут на основе заданных характеристик дрона, камеры, координат старта съемки, координат границ, указываемых на карте и процента перекрытия полученных снимков.
* Система должна иметь возможность визуализировать маршрут на карте.

2.2. **Нефункциональные требования к проектируемой системе**

1. система должна использовать язык программирования Rust.
2. система должна проверять корректность вводимых данных:
   * параметры дронов (Величина полезной нагрузки, продолжительность полёта, скорость полёта, минимальная максимальная высоты полёта), параметры камеры (Масса, угол обзора, разрешение съёмки) принимают неотрицательные значения;
   * параметр дронов, величина полевной нагрузки лежит в пределах: от 100 грамм до 10 кг. Продолжительность полета находится в пределах от 1 минуты до 8 часов. Скорость вета находится в пределах от 0.1 м/с до 50 м/с. Минимальная и максимальная высота полета находятся в пределах от 2 метров до 5 км. При этом, максимальная высота полета больше минимальной;
   * параметр камеры, масса должна быть меньше 10 килограмм. Углы обзора по х и у должны быть меньше 180 градусов. Разрешение съёмки по х и у - целочисленные.
3. система должна использовать веб технологии такие как Tauri, Svelte, TypeScript для визуализации интерфейса и библиотеку OpenLayers для отображения карты и маршрута.

2.3. **Диаграмма вариантов использования**

На основе требований, предъявляемых к разрабатываемому приложению, были разработаны варианты его использования, которые представлены на рисунке 1.

В ходе проектирования были выделены следующие актеры:

* Пользователь – пользователь приложения, ему доступна возможность использовать весь функционал приложения.

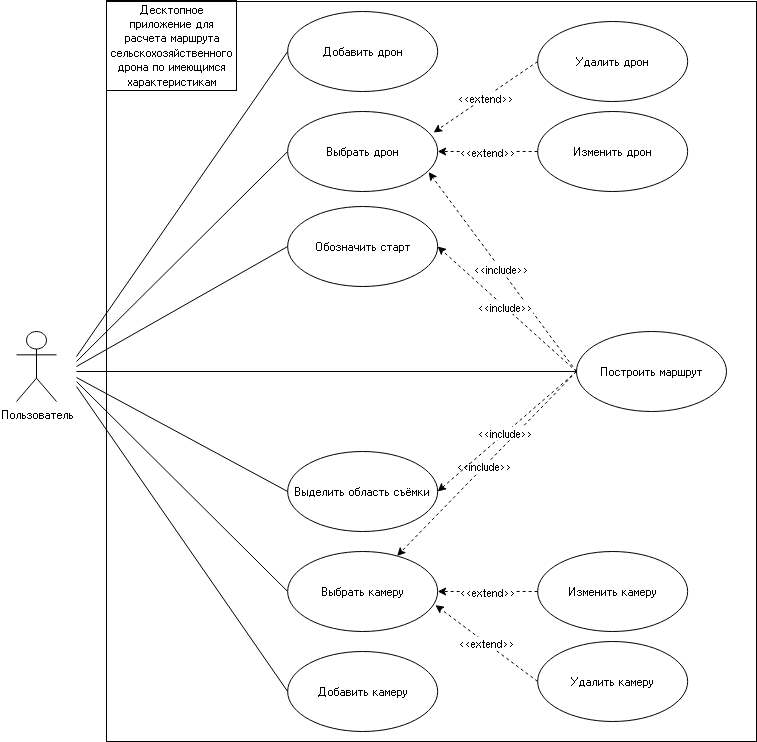


Рисунок 1 — Диаграмма вариантов использования

Пользователь может совершать следующие действия:

* Добавить дрон: пользователь может добавить новый дрон с его характеристиками.
* Выбрать дрон: пользователь может выбрать один из добавленных дронов для расчета маршрута.
* Удалить дрон: пользователь может удалить выбранный дрон.
* Изменить дрон: пользователь может изменить характеристики выбранного дрона.
* Обозначить старт: пользователь может задать стартовую точку маршрута.
* Выделить область съёмки: пользователь может указать область, которую требуется снять с помощью дрона.
* Выбрать камеру: пользователь может выбрать камеру, которая будет установлена на дроне.
* Изменить камеру: пользователь может изменить характеристики выбранной камеры.
* Удалить камеру: пользователь может удалить выбранную камеру.
* Добавить камеру: пользователь может добавить новую камеру с ее характеристиками.
* Построить маршрут: пользователь может рассчитать маршрут дрона на основе введенных данных, включая выбранный дрон, стартовую точку, область съемки и камеру.

2.4. **Спецификация основных прецедентов**

Спецификация прецедентов представлена в таблицах

Таблица 2 — Спецификация прецедента "Добавить дрон"

|  |  |
| --- | --- |
| Прецедент: | Добавить дрон |
| *ID:* | ID1 |
| *Аннотация:* | Пользователь добавляет новый дрон с его характеристиками в систему. |
| *Главные актеры:* | Пользователь |
| *Второстепенные актеры:* | *-* |
| *Предусловия:* | Пользователь открыл меню с изменением дрона |
| *Основной поток:* | 1. Пользователь вводит характеристики дрона 2. Пользователь нажимает кнопку добавления Дрона. 3. Система валидирует введенные данные. 4. Система сохраняет дрон в базе данных. 5. Система отображает сообщение об успешном добавлении дрона. |
| *Постусловия:* | Новый дрон добавлен в систему и доступен для выбора. |
| *Альтернативные потоки:* | 4А. Ошибка валидации данных: 4А.1. Система отображает сообщение об ошибке и предлагает пользователю исправить введенные данные. 4А.2. Возврат к шагу 3 основного потока.  5А. Ошибка сохранения в базе данных: 5А.1. Система отображает сообщение об ошибке и предлагает пользователю повторить попытку позже. 5А.2. Возврат к шагу 1 основного потока. |

Таблица 3 — Спецификация прецедента "Выбрать дрон"

|  |  |
| --- | --- |
| Прецедент: | Выбрать дрон |
| *ID:* | ID2 |
| *Аннотация:* | Пользователь выбирает дрон для расчета маршрута. |
| *Главные актеры:* | Пользователь |
| *Второстепенные актеры:* | *-* |
| *Предусловия:* | В системе есть хотя бы один сохраненный дрон. |
| *Основной поток:* | 1. Пользователь нажимает на listbox с доступными дронами. 2. Система отображает список доступных дронов. 3. Пользователь выбирает дрон из списка. 4. Система устанавливает выбранный дрон как текущий*.* |
| *Постусловия:* | Дрон выбран и установлен как текущий для дальнейших операций. |
| *Альтернативные потоки:* | 3А. Пользователь не выбрал дрон:  3А.1. Возврат к шагу 1 основного потока. |

Таблица 4 — Спецификация прецедента "Удалить дрон"

|  |  |
| --- | --- |
| Прецедент: | Удалить дрон |
| *ID:* | ID2.1 |
| *Аннотация:* | Пользователь удаляет выбранный дрон из системы. |
| *Главные актеры:* | Пользователь |
| *Второстепенные актеры:* | *-* |
| *Предусловия:* | Пользователь выбрал дрон (прецедент ID2). |
| *Основной поток:* | 1. Пользователь выбирает опцию "Удалить дрон". 2. Система удаляет дрон из базы данных. 3. Система отображает сообщение об успешном удалении дрона. |
| *Постусловия:* | Дрон удален из системы. |
| *Альтернативные потоки:* | 2А. Ошибка удаления из базы данных:  2А.1. Система отображает сообщение об ошибке удаления. 2А.2. Возврат к шагу 1 основного потока. |

Таблица 5 — Спецификация прецедента "Изменить дрон"

|  |  |
| --- | --- |
| Прецедент: | Изменить дрон |
| *ID:* | ID2.2 |
| *Аннотация:* | Пользователь изменяет характеристики выбранного дрона. |
| *Главные актеры:* | Пользователь |
| *Второстепенные актеры:* | *-* |
| *Предусловия:* | Пользователь выбрал дрон (прецедент ID2). |
| *Основной поток:* | 1. Пользователь изменяет характеристики выбранного дрона 2. Пользователь выбирает опцию по изменению дрона. 3. Система валидирует измененные данные. 4. Система сохраняет изменения в базе данных. 5. Система отображает сообщение об успешном изменении характеристик дрона. |
| *Постусловия:* | Характеристики дрона успешно изменены. |
| *Альтернативные потоки:* | 2А. Пользователь отменяет изменения:  2А.1. Пользователь нажимает на кнопку отмены. 2А.2. Возврат к шагу 1 основного потока.  4А. Ошибка изменения в базе данных:  4А.1. Система отображает сообщение об ошибке. 4А.2. Возврат к шагу 1 основного потока. |

Таблица 6 — Спецификация прецедента "Обозначить старт"

|  |  |
| --- | --- |
| Прецедент: | Обозначить старт |
| *ID:* | ID3 |
| *Аннотация:* | Пользователь задает стартовую точку маршрута дрона. |
| *Главные актеры:* | Пользователь |
| *Второстепенные актеры:* | *-* |
| *Предусловия:* | Пользователь находится в меню карты |
| *Основной поток:* | 1. Пользователь выбирает опцию "Обозначить старт". 2. Пользователь устанавливает маркер стартовой точки на карте. 3. Система сохраняет координаты стартовой точки. |
| *Постусловия:* | Стартовая точка маршрута успешно задана и сохранена в системе. |
| *Альтернативные потоки:* | 2А. Пользователь изменяет инструмент на карте:  2А.2. Возврат к шагу 1 основного потока. |

Таблица 7 — Спецификация прецедента "Выделить область съемки"

|  |  |
| --- | --- |
| Прецедент: | Выделить область съемки |
| *ID:* | ID4 |
| *Аннотация:* | Пользователь указывает область, которую требуется снять с помощью дрона. |
| *Главные актеры:* | Пользователь |
| *Второстепенные актеры:* | *-* |
| *Предусловия:* | Пользователь находится в меню карты |
| *Основной поток:* | 1. Пользователь выбирает опцию "Выделить область съемки". 2. Пользователь выделяет область на карте, которую требуется снять с помощью дрона. 3. Система сохраняет координаты стартовой точки. |
| *Постусловия:* | Область съемки успешно задана и сохранена в системе. |
| *Альтернативные потоки:* | 2А. Пользователь изменяет инструмент на карте:  2А.2. Возврат к шагу 1 основного потока. |

Таблица 8 — Спецификация прецедента "Выбрать камеру"

|  |  |
| --- | --- |
| Прецедент: | Выбрать камеру |
| *ID:* | ID5 |
| *Аннотация:* | Пользователь выбирает камеру для использования вместе с дроном. |
| *Главные актеры:* | Пользователь |
| *Второстепенные актеры:* | *-* |
| *Предусловия:* | В системе есть хотя бы одна сохраненная камера. |
| *Основной поток:* | 1. Пользователь нажимает на listbox с доступными камерами. 2. Система отображает список доступных камер. 3. Пользователь выбирает дрон из списка. 4. Система устанавливает выбранную камеру, как текущую*.* |
| *Постусловия:* | Камера выбрана и установлена как текущая для дальнейших операций. |
| *Альтернативные потоки:* | 3А. Пользователь не выбрал камеру:  3А.1. Возврат к шагу 1 основного потока. |

Таблица 9 — Спецификация прецедента "Удалить камеру"

|  |  |
| --- | --- |
| Прецедент: | Удалить камеру |
| *ID:* | ID5.1 |
| *Аннотация:* | Пользователь удаляет выбранную камеру из системы. |
| *Главные актеры:* | Пользователь |
| *Второстепенные актеры:* | *-* |
| *Предусловия:* | Пользователь выбрал камеру (прецедент ID5). |
| *Основной поток:* | 1. Пользователь выбирает опцию "Удалить камеру". 2. Система удаляет камеру из базы данных. 3. Система отображает сообщение об успешном удалении камеры. |
| *Постусловия:* | *Камера* удалена из системы. |
| *Альтернативные потоки:* | 2А. Ошибка удаления из базы данных:  2А.1. Система отображает сообщение об ошибке удаления. 2А.2. Возврат к шагу 1 основного потока. |

Таблица 10 — Спецификация прецедента "Изменить камеру"

|  |  |
| --- | --- |
| Прецедент: | Изменить камеру |
| *ID:* | ID5.2 |
| *Аннотация:* | Пользователь изменяет характеристики выбранной камеры. |
| *Главные актеры:* | Пользователь |
| *Второстепенные актеры:* | *-* |
| *Предусловия:* | Пользователь выбрал камеру (прецедент ID5). |
| *Основной поток:* | 1. Пользователь изменяет характеристики выбранной камеры. 2. Пользователь выбирает опцию по изменению камеры. 3. Система валидирует измененные данные. 4. Система сохраняет изменения в базе данных. 5. Система отображает сообщение об успешном изменении характеристик камеры. |
| *Постусловия:* | Характеристики камеры успешно изменены. |
| *Альтернативные потоки:* | 2А. Пользователь отменяет изменения:  2А.1. Пользователь нажимает на кнопку отмены. 2А.2. Возврат к шагу 1 основного потока.  4А. Ошибка изменения в базе данных:  4А.1. Система отображает сообщение об ошибке. 4А.2. Возврат к шагу 1 основного потока. |

Таблица 11 Спецификация прецедента "Добавить камеру"

|  |  |
| --- | --- |
| Прецедент: | Добавить камеру |
| *ID:* | ID6 |
| *Аннотация:* | Пользователь добавляет новую камеру с её характеристиками в систему. |
| *Главные актеры:* | Пользователь |
| *Второстепенные актеры:* | *-* |
| *Предусловия:* | Пользователь открыл меню с изменением камеры |
| *Основной поток:* | 1. Пользователь вводит характеристики камеры 2. Пользователь нажимает кнопку добавления камеры. 3. Система валидирует введенные данные. 4. Система сохраняет камеру в базе данных. 5. Система отображает сообщение об успешном добавлении камеры. |
| *Постусловия:* | Новая камера добавлена в систему и доступна для выбора. |
| *Альтернативные потоки:* | 4А. Ошибка валидации данных: 4А.1. Система отображает сообщение об ошибке и предлагает пользователю исправить введенные данные. 4А.2. Возврат к шагу 1 основного потока.  5А. Ошибка сохранения в базе данных: 5А.1. Система отображает сообщение об ошибке. 5А.2. Возврат к шагу 2 основного потока. |

# 3. **Архитектура системы**

3.1. **Общее описание архитектуры системы**

На рисунке 2 изображена диаграмма компонентов системы для планирования маршрутов сельскохозяйственных дронов. Система состоит из следующих сервисов: сервис расчета маршрутов (Algorithms), сервис управления данными (Data Managment), а также из компонентов пользовательского интерфейса Map, в состав которого входит сервис Calculate, LMenu, RMenu и компонента базы данных, который содержит данные о дронах и камерах. Сервис расчета маршрутов использует данные, предоставленные пользователем через компоненты интерфейса. Сервис управления данными осуществляет взаимодействие с базой данных для создания, чтения, обновления и удаления данных о дронах и камерах. Компоненты пользовательского интерфейса взаимодействуют с сервисами для отправки данных, получения результатов расчетов и отображения информации пользователю.

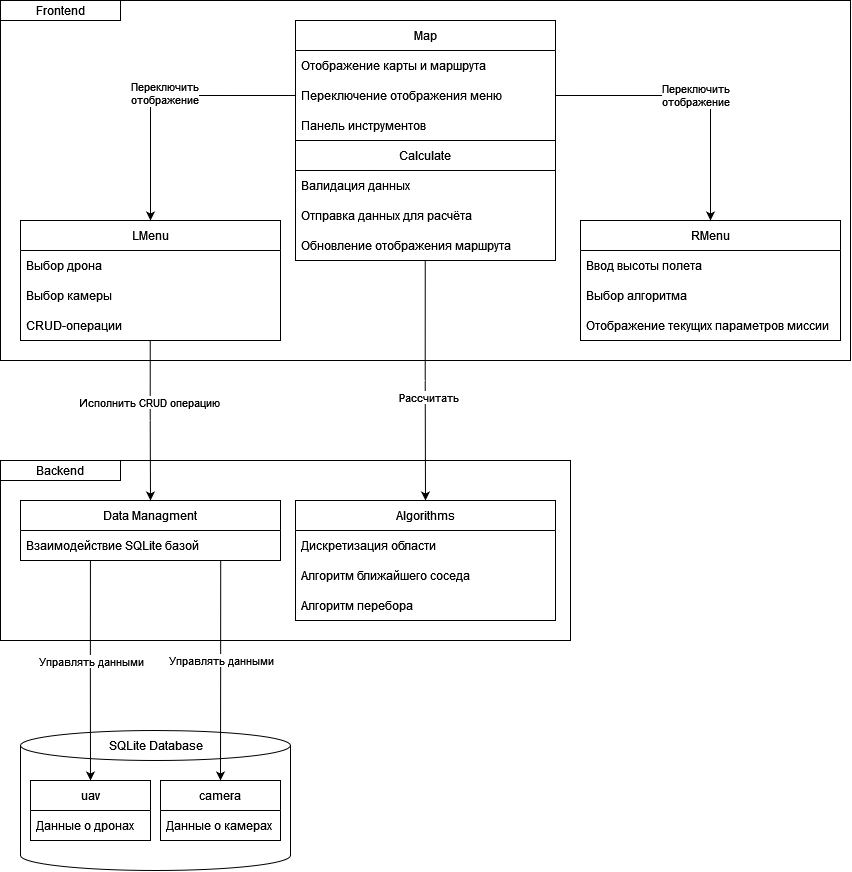


Рисунок 2 — Компоненты системы

**3.2. Описание компонентов и сервисов, составляющих систему**

Data Managment: Этот сервис взаимодействует с базой данных SQLite, управляя данными о дронах и камерах. Он выполняет операции CRUD на основе команд с фронтенда.

Algorithms – это сервис расчета маршрута, он отвечает за расчет маршрута дрона. На основе полученных данных он дискретизирует область съёмки на прямоугольники, равные площади одного снимка. На основе этих данных он в зависимости от выбранного алгоритма, рассчитывает маршрут и отправляет его на фронтенд для последующего отображения.

Map — центральное меню с картой, компонент пользовательского интерфейса, который отображает карту и маршрут, позволяет пользователю переключать отображение левого и правого меню, а также предоставляет панель инструментов для обозначения области съемки и стартовой позиции, а также содержит сервис Calculate, который проверяет текущие установленые данные и отправляет их на обработку на бэкенд, после которой отображает новый маршрут.

LMenu — Этот компонент позволяет пользователю выбрать дрон и камеру, а также выполнить CRUD-операции над ними.

RMenu — Этот компонент позволяет пользователю вводить высоту полета или рассчитывать ее из разрешения съемки, выбирать алгоритм и отображает параметры текущей миссии а также экспортировать маршрут в GeoJSON.

База данных SQLite — является частью инфраструктуры системы, в которой хранятся данные о дронах и камерах, хранится локально в файле mydatabase.db.

**3.3. Модель базы данных**

На рисунке 3 представлена модель базы данных нашей системы для планирования маршрутов сельскохозяйственных дронов. Модель отличается своей простотой: она состоит всего из двух таблиц – "uav" Дроны и "camera" Камеры. Эти таблицы содержат информацию о различных дронах и камерах, которые могут использоваться в миссиях. Важно отметить, что таблицы не связаны друг с другом, что делает структуру базы данных простой и гибкой.



Рисунок 3 — Модель базы данных

**3.4. Процесс работы с системой**

На рисунке 4 приведена диаграмма деятельности, которая подробно описывает процесс работы с системой планирования маршрутов для сельскохозяйственных дронов.

Процесс начинается с шести параллельных действий. Пользователь может установить точку запуска дрона, что является начальной точкой маршрута. Также, пользователь обозначает область съемки, указывая на карте область, которую необходимо облететь. Затем пользователь может выбрать алгоритм. В этот же момент пользователь выбирает модель дрона и камеру из списка доступных в системе, следующий этап связан с определением высоты полета дрона. Здесь у пользователя есть два варианта: ввести высоту вручную или расчитать ее автоматически. Во втором случае пользователю необходимо ввести процент перекрытия изображений и разрешение съемки, после чего система сама рассчитывает оптимальную высоту полета.

После того как все параметры заданы, система производит расчет маршрута. Если все данные корректны и валидация прошла успешно, система отображает маршрут на карте и предлагает пользователю экспортировать его в формате GeoJSON для дальнейшего использования.

Если в процессе валидации обнаруживаются ошибки, система отображает сообщение об ошибке, давая пользователю возможность исправить введенные данные.

В то же время, независимо от основного процесса планирования маршрута, пользователь может выбрать и изменить характеристики модели дрона и камеры.

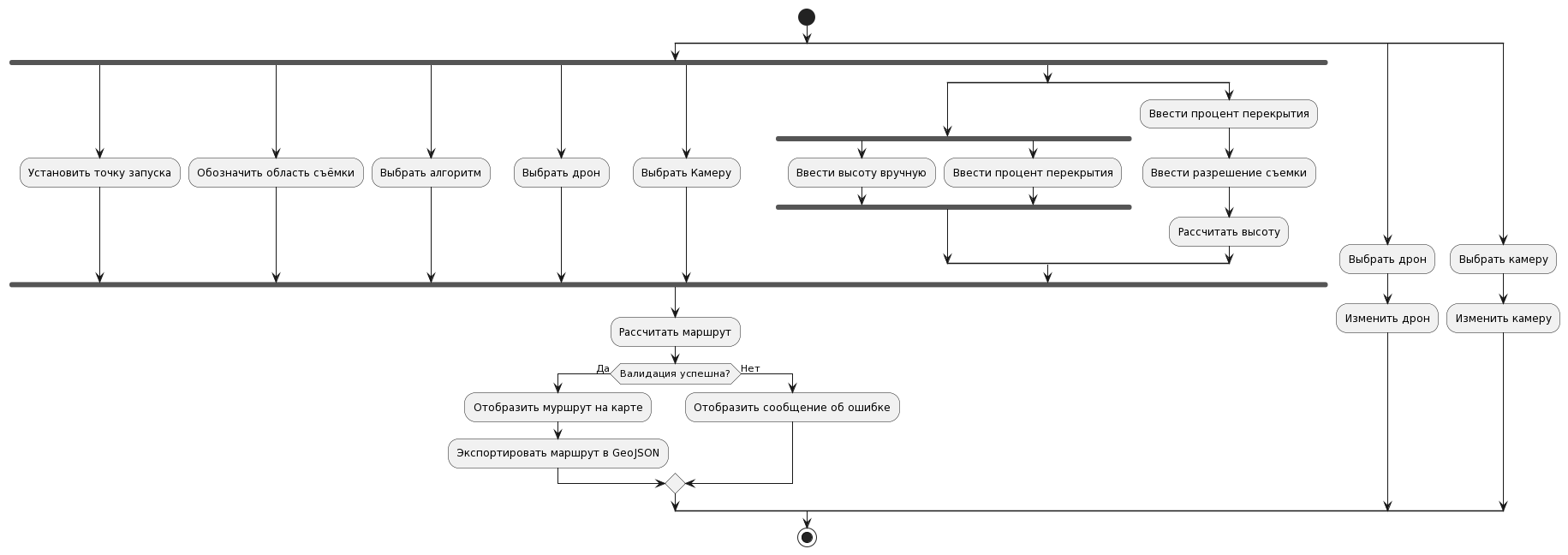


Рисунок 4 — Диаграмма деятельности

# 4. **Реализация и тестирование системы**

**4.1. Реализация компонентов системы**

В реализации компонентов системы имеется сервис Data Management, который предоставляет функциональность для работы с информацией о дронах и камерах. Этот сервис состоит из следующих файлов:

uav/mod.rs - Основной файл, определяющий структуру Uav и методы для создания экземпляров дронов с заданными параметрами. Пример структуры Uav представлен в листинге 1.

Листинг 1 – Структура Uav

#[derive(Debug, Deserialize, Serialize)]

pub struct Camera {

id: u64, // id

pub name: String, // name

pub mass: u64, // mass in grams

pub fov\_x: f64, // x-axis viewing angle in degrees

pub resolution\_x: u16, // camera resolution x

pub resolution\_y: u16, // camera resolution y

}

uav/uav\_handle.rs - Файл содержит функции для работы с дронами через Tauri, такие как создание, обновление и удаление дронов, а также получение списка всех дронов. Пример функции для создания нового дрона представлен в листинге 2.

Листинг 2 – функции для создания нового дрона

#[tauri::command]

pub fn new\_uav(uav: Uav) -> String {

    let conn = Connection::open("mydatabase.db").expect("Cant open base");

    println!("Received new UAV: {:?}", uav);

    match uav\_sql::insert(&uav, &conn) {

        Ok(\_) => "Ok".to\_string(),

        Err(e) => e.to\_string(),

    }

}

uav/uav\_sql.rs - Файл содержит функции для работы с базой данных, включая создание таблицы для хранения информации о дронах, а также вставка, обновление, удаление и получение списка всех дронов. Пример функции для создания таблицы в базе данных представлен в листинге 3.

Листинг 3 – функции для создания таблицы uav

pub fn create\_table(conn: &Connection) -> Result<usize> {

    conn.execute(

        "CREATE TABLE IF NOT EXISTS uav (

                uav\_id INTEGER PRIMARY KEY AUTOINCREMENT NOT NULL,

                uav\_name TEXT NOT NULL,

                uav\_max\_payload\_mass INTEGER NOT NULL CHECK (uav\_max\_payload\_mass >= 0),

                uav\_flight\_duration INTEGER NOT NULL CHECK (uav\_flight\_duration >= 0),

                uav\_takeoff\_speed REAL NOT NULL CHECK (uav\_takeoff\_speed >= 0),

                uav\_flight\_speed REAL NOT NULL CHECK (uav\_flight\_speed >= 0),

                uav\_min\_altitude REAL DEFAULT 0 NOT NULL CHECK (uav\_min\_altitude >= 0),

                uav\_max\_altitude REAL DEFAULT 0 NOT NULL CHECK (uav\_max\_altitude >= 0)

                )",

        (), // empty list of parameters.

    )

}

camera/mod.rs - Основной модуль, который содержит структуру и методы для работы с камерой. Структура Camera содержит различные свойства камеры, включая ее идентификатор, имя, массу, угол обзора по оси X и разрешение. Здесь также определены метод для создания новых камер. Пример структуры Camera представлен в листинге 4.

Листинг 4 – структура Camera

#[derive(Debug, Deserialize, Serialize)]

pub struct Camera {

    id: u64,               // id

    pub name: String,      // name

    pub mass: u64,         // mass in grams

    pub fov\_x: f64,        // x-axis viewing angle in degrees

    pub resolution\_x: u16, // camera resolution x

    pub resolution\_y: u16, // camera resolution y

}

camera/camera\_handle.rs - Этот модуль предоставляет функции для обработки запросов к базе данных. Здесь определены функции для создания новой камеры, обновления существующей камеры, удаления камеры и получения всех камер из базы данных. Каждая из этих функций открывает соединение с базой данных и вызывает соответствующую функцию из модуля camera\_sql. Пример функции для обновления данных о камере представлен в листинге 5.

Листинг 5 – функция для обновления данных о камере

#[tauri::command]

pub fn update\_camera(camera: Camera) -> String {

let conn = Connection::open("mydatabase.db").expect("Cant open base");

println!("Received updated camera: {:?}", camera);

match camera\_sql::update(&camera, &conn) {

Ok(\_) => "Ok".to\_string(),

Err(e) => e.to\_string(),

}

}

camera/camera\_sql.rs - Этот модуль содержит функции для взаимодействия с базой данных SQLite. Здесь определены функции для создания таблицы в базе данных, вставки новой камеры в базу данных, обновления существующей камеры, удаления камеры из базы данных и получения всех камер из базы данных. Все эти функции работают непосредственно с базой данных, выполняя соответствующие SQL-запросы. Пример функции обновления данных о камере представлен в листинге 6.

Листинг 6 – функция для обновления данных о камере в базе

pub fn update(camera: &Camera, conn: &Connection) -> Result<usize> {

    conn.execute(

        "

                UPDATE camera SET

                    camera\_name = ?1,

                    camera\_mass = ?2,

                    camera\_fov\_x = ?3,

                    camera\_resolution\_x = ?4,

                    camera\_resolution\_y = ?5

                WHERE camera\_id = ?6",

        (

            &camera.name,

            &camera.mass,

            &camera.fov\_x,

            &camera.resolution\_x,

            &camera.resolution\_y,

            &camera.id,

        ),

    )

}

Сервис Algorithms, описанный файлом algorithms.rs, представляет собой ключевую составляющую системы и выполняет алгоритмические функции. Он включает в себя следующие функции:

discretize\_area: Эта функция принимает вектор кортежей, представляющих собой координаты x и y полигона, и размеры фотографии (ширину и высоту). Функция начинает с инициализации минимальных и максимальных значений x и y. После этого функция применяет алгоритм поиска точек внутри полигона, основанный на лучевом методе. После того как все точки были проверены, функция возвращает вектор кортежей, представляющих собой координаты центров прямоугольников, которые пересекаются с полигоном. Реализация представлена в листинге во вложении А

nearest\_neighbor: Эта функция принимает вектор точек и начальную точку, а затем использует алгоритм ближайшего соседа для определения оптимального пути через все точки. Функция инициализирует набор оставшихся точек и результатирующий вектор с начальной точкой. Функция затем входит в цикл, продолжающийся, пока все точки не будут обработаны. В каждой итерации цикла функция находит ближайшую точку к текущей точке, удаляет ее из оставшихся точек и добавляет ее в результатирующий вектор. Реализация представлена в листинге во вложении А.

euclidean\_distance: Это вспомогательная функция, которая принимает две точки и возвращает евклидово расстояние между ними. Расстояние вычисляется как квадратный корень из суммы квадратов разностей координат x и y. Реализация представлена в листинге 7

Листинг 7 – функция расчета расстояния между двумя точками

// Helper function to calculate the Euclidean distance between two points

pub fn euclidean\_distance(a: &(f64, f64), b: &(f64, f64)) -> f64 {

let (x1, y1) = \*a;

let (x2, y2) = \*b;

((x2 - x1).powi(2) + (y2 - y1).powi(2)).sqrt()

}

brute\_force: Эта функция использует алгоритм полного перебора для поиска оптимального пути через набор точек. Функция начинает с создания отдельного потока для каждой точки, каждый из которых запускает функцию brute\_force\_helper. Эта вспомогательная функция рекурсивно исследует все возможные пути через оставшиеся точки, обновляя лучший путь при обнаружении более короткого пути. Реализация представлена в листинге во вложении А.

calculate\_distance: Эта функция вычисляет общую длину пути, проходящего через заданный набор точек Реализация представлена в листинге 8.

#[tauri::command]

pub fn calculate\_distance(points: Vec<(f64, f64)>) -> f64 {

points

.iter()

.zip(points.iter().cycle().skip(1))

.map(|(a, b)| euclidean\_distance(a, b))

.sum()

}

**4.2. Реализация интерфейса системы**

Пользовательский интерфейс системы состоит из трех основных меню: центрального меню, левого меню и правого меню. Центральное меню отображает карту и маршрут дрона, а также содержит набор кнопок для управления. Давайте рассмотрим его подробнее:

Центральное меню предоставляет основные инструменты и функции для работы с картой, рисования маршрута и выполнения других операций, связанных с управлением маршрутом дрона. Центральное меню состоит из элементов:

1. Карта и маршрут: В центре экрана отображается карта, на которой отображается маршрут дрона. Маршрут представлен в виде линии, соединяющей точки съёмки, по которым дрон должен пролететь. Это визуальное представление планируемого маршрута.
2. Кнопки переключения меню: В верхней части интерфейса расположены кнопки, которые позволяют переключать отображение левого и правого меню. Пользователь может скрыть или показать эти меню по своему усмотрению для освобождения места на экране.
3. Панель инструментов: На панели инструментов расположены кнопки для выполнения различных действий:
   * Отмена (Undo): Кнопка, позволяющая отменить последнее действие при построении полигона;
   * Навигация (Navigation): Кнопка, позволяющая пользователю вернуться к режиму навигации после использования других инструментов. Это удобно, если пользователь не хочет случайно переместить точку полигона области съемки;
   * Рисование (Draw): Кнопка, активирующая режим построения полигона. В этом режиме пользователь может указать область, которую дрон должен снять;
   * Установка стартовой точки (Set Starting Point): Кнопка, позволяющая пользователю установить стартовую точку для маршрута дрона. После выбора этой опции пользователь может щелкнуть на карте, чтобы установить стартовую точку;
   * Расчет (Calculate): Кнопка, которая выполняет валидацию введенных данных и отправляет их на обработку на сервере. Результаты расчета маршрута отображаются на карте.

Левое меню включает два блока: блок UAV (Беспилотный Летательный Аппарат) и блок Camera (Камера).

Блок UAV включает в себя:

1. Выбор и отображение списка UAV: В верхней части блока расположен выпадающий список (select), который позволяет пользователю выбрать один из доступных UAV. Каждый элемент списка содержит имя UAV. При выборе UAV из списка его параметры отображаются в полях ниже.
2. Кнопка "Fetch": Рядом с выпадающим списком находится кнопка "Fetch", которая позволяет пользователю обновить список UAV, загрузив его с базы.
3. Кнопка "UAV details": Эта кнопка позволяет пользователю переключать отображение блока с параметрами UAV. При нажатии на кнопку блок с параметрами UAV может быть скрыт или показан на экране.
4. Внутри блока UAV параметры UAV отображаются в виде полей для ввода которые позволяют пользователю просматривать и редактировать параметры UAV. Некоторые из доступных параметров UAV включают:

* ID: Идентификатор UAV (только для чтения);
* Name: Имя UAV;
* Max Payload Mass: Максимальная масса груза, которую может нести UAV;
* Flight Duration: Длительность полета UAV;
* Takeoff speed: Скорость взлета UAV;
* Flight speed: Скорость полета UAV;
* Min altitude: Минимальная высота полета UAV;
* Max altitude: Максимальная высота полета UAV;

1. Под блоком с параметрами UAV располагается панель инструментов, которая содержит следующие кнопки:

* "Update": Кнопка, которая позволяет пользователю обновить параметры выбранного UAV.
* "New": Кнопка, которая позволяет пользователю создать новый UAV с указанными в полях параметрами.
* "Delete": Кнопка, которая позволяет пользователю удалить выбранный UAV.
* "Undo": Кнопка, которая позволяет пользователю отменить последнее изменение параметров UAV.

Блок Camera аналогичен блоку UAV и включает в себя:

1. выпадающий список (select), который позволяет пользователю выбрать одну из доступных камер. Каждый элемент списка содержит имя камеры. При выборе камеры из списка её параметры отображаются в полях ниже.
2. Кнопка "Fetch": Рядом с выпадающим списком находится кнопка "Fetch", которая позволяет пользователю обновить список камер, загрузив его с базы.
3. Кнопка "Camera details": Эта кнопка позволяет пользователю переключать отображение блока с параметрами камеры. При нажатии на кнопку блок с параметрами камеры может быть скрыт или показан на экране.
4. Внутри блока Camera параметры камеры отображаются в виде полей для ввода (input) и меток (label), которые позволяют пользователю просматривать и редактировать параметры камеры. Некоторые из доступных параметров камеры включают:

* ID: Идентификатор камеры (только для чтения).
* Name: Имя камеры.
* Mass (grams): Масса камеры в граммах.
* X-axis FOV (degrees): Угол обзора камеры по оси X в градусах.
* Resolution X: Разрешение камеры по оси X.
* Resolution Y: Разрешение камеры по оси Y.

1. Под блоком с параметрами камеры располагается панель инструментов, которая содержит следующие кнопки:

* "Update": Кнопка, которая позволяет пользователю обновить параметры выбранной камеры.
* "New": Кнопка, которая позволяет пользователю создать новую камеру с указанными в полях параметрами.
* "Delete": Кнопка, которая позволяет пользователю удалить выбранную камеру.
* "Undo": Кнопка, которая позволяет пользователю отменить последнее изменение параметров камеры.

Правое меню состоит из трех блоков: "Altitude Menu" (меню высоты), "Algorithm Menu" (меню алгоритма) и "Mission Parameters" (параметры миссии). Давайте рассмотрим каждый из них подробнее:

1. Блок "Altitude Menu", здесь можно выбрать режим ввода высоты. Есть два варианта: "Manual altitude input" (ручной ввод высоты) и "Calculate using sm/px" (расчет высоты на основе sm/px):

* Если выбран режим ручного ввода, можно указать процент перекрытия и ввести высоту вручную.
* Если выбран режим расчета на основе sm/px, нужно указать процент перекрытия и ввести значение sm/px. После ввода всех параметров можно нажать кнопку "Calculate Altitude" (рассчитать высоту) для получения результата.

1. Блок "Algorithm Menu", здесь можно выбрать алгоритм для расчета маршрута. Есть два варианта: "Nearest Neighbor" (ближайший сосед) и "Brute Force" (полный перебор).
2. Блок "Mission Parameters", здесь отображаются параметры миссии, такие как длина маршрута, продолжительность миссии и количество фотографий. Также есть кнопка "Export to GeoJSON" (экспорт в формате GeoJSON), которая позволяет экспортировать данные миссии в этот формат для дальнейшего использования.

**4.3. Тестирование системы**

В ходе разработки и последующего программного обеспечения были разработаны и проведены комплексные тесты для проверки функциональности и стабильности работы системы. Проведенные тесты относятся к виду функционального тестирования, а также тестирования пользовательского интерфейса.

Тестирование проводилось в соответствии с предложенной методологией, при которой каждый из тестовых сценариев включал в себя конкретные шаги для воспроизведения действий пользователя, а также определенный ожидаемый результат. В процессе тестирования внимание было уделено как отдельным функциям, так и взаимодействию между различными компонентами системы.

Процесс тестирования осуществлялся с использованием различных входных данных, включая граничные значения и невалидные данные, чтобы оценить устойчивость и надежность системы в различных условиях, а также чтобы выявить и устранить возможные недостатки. Примеры тестов приведены в таблице 12.

Таблица 12 — Тестирование системы

| **№** | **Название теста** | **Шаги** | **Ожидаемый результат** | **Тест пройден?** |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 1 | Загрузка дрона | 1. В левом меню выбирать идентификатор дрона.  2. Нажать кнопку "Fetch". | В полях деталей дрона отображается информация о выбранном дроне. | да |
| 2 | Редактирование дрона | 1. Выбирать дрон.  2. Включить режим редактирования.  3. Изменить параметры дрона.  4. Нажать кнопку "Update". | Информация о дроне в базе данных обновляется. | да |
| 3 | Расчет маршрута | 1. Ввети необходимые параметры, высоту полета, алгоритм, обозначить точку старта, обозначить зону съемки, выбрать дрон, выбрать камеру.  2. Нажать кнопку. "Calculate" | На карте отображается рассчитанный маршрут. | да |
| 4 | Некорректная попытка расчета маршрута | 1. Не ввести необходимые параметры, высоту полета, алгоритм, точку старта, зону съемки, дрон, камеру.  2. Нажать кнопку "Calculate". | Отображается ошибка о том, что не все параметры выбраны | да |
| 5 | Проверка параметров миссии | 1. Просмотрите отображаемые параметры миссии в правом меню. | Параметры миссии (длина маршрута, продолжительность миссии, количество фотографий) отображаются корректно. | да |
| 6 | Визуализация маршрута | 1. После расчета маршрута проверьте визуализацию маршрута на карте. | Маршрут корректно отображается на карте. | да |
| 7 | Экспорт в GeoJSON | 1. После расчета маршрута нажать кнопку "Export to GeoJSON". 2. Выбрать путь сохранения | Файл GeoJSON с информацией о маршруте сохраняется. | да |
| 8 | Загрузка камеры | 1. В левом меню выберать идентификатор камеры.  2. Нажать кнопку "Fetch". | В полях деталей камеры отображается информация о выбранной камере. | да |
| 9 | Редактирование камеры | 1. Выбрать камеру.  2. Включить режим редактирования.  3. Изменить параметры камеры.  4. Нажать кнопку "Update". | Информация о камере в базе данных обновляется. | да |
| 10 | Выбор алгоритма | 1. В правом меню выберите желаемый алгоритм. | Выбранный алгоритм устанавливается как текущий. | да |
| 11 | Ручной ввод высоты | 1. В правом меню выберите режим ручного ввода высоты.  2. Введите желаемую высоту. | Введенная высота устанавливается как текущая. | да |
| 12 | Расчет высоты | 1. В правом меню выберите режим расчета высоты.  2. Введите значение sm/px.  3. Нажмите кнопку "Calculate Altitude". | Высота автоматически рассчитывается и устанавливается как текущая. | да |
| 13 | Изменение параметра перекрытия | 1. В правом меню ввести значение в поле "Overlap (%)". | Значение перекрытия изменяется в соответствии с введенным значением. | да |
| 14 | Проверка работы с отсутствующими данными | 1. Нажать кнопку "Calculate", когда база данных пустая. | Система сообщает о том, что дрон не выбран. | да |

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках данной работы было разработано десктопное приложение для расчета маршрута сельскохозяйственного дрона с учетом его характеристик. Решены были следующие задачи.

Был проведен анализ предметной области и изучены существующие решения, связанные с планированием маршрутов для дронов.

* + - 1. Была разработана архитектура приложения, обеспечивающая его масштабируемость и простоту внесения изменений в будущем.
      2. Был проведен анализ алгоритмов планирования маршрута.
      3. Был спроектирован и разработан пользовательский интерфейс, включая функциональные меню для ввода данных о дроне и параметров маршрута.
      4. Было проведено тестирование приложения, включая проверку корректности расчетов и работы пользовательского интерфейса.

В перспективе планируется дальнейшее развитие приложения, включая добавление функции построения маршрута нескольких полей, добавление новых и улучшение уже написанных алгоритмов планирования маршрута. Также возможна работа по интеграции приложения с другими системами для автоматического получения координат поля, и экспорта маршрута на дроны.

# ЛИТЕРАТУРА

1. Официальный сайт проекта Tauri. [Электронный ресурс] URL: https://tauri.app/ (дата обращения: 11.05.2023 г.).
2. Официальный сайт проекта Rust. [Электронный ресурс] URL: https://www.rust-lang.org/ (дата обращения: 11.05.2023 г.).
3. Официальный сайт проекта Svelte. [Электронный ресурс] URL: https://svelte.dev/ (дата обращения: 11.05.2023 г.).
4. Официальный сайт проекта OpenLayers. [Электронный ресурс] URL: https://openlayers.org/ (дата обращения: 11.05.2023 г.).
5. Богданов Д.В. Оптимальный способ хранения и обработки древовидных структур в базах данных. // Программные продукты и системы, 2009. – № 1. – С. 140–142.
6. ГОСТ 33245-2015 (ISO/IEC TR 29163-1:2009) Информационные технологии (ИТ). Эталонная модель распределенного объекта контента (SCORM®) 2004 3-я редакция. Часть 1. Обзор. Версия 1.1. [Электронный ресурс] URL: http://docs.cntd.ru/document/1200127254 (дата обращения: 10.05.2020 г.).
7. Жигальская Н.С. Модель вариантов использования универсальной среды электронного обучения UniCST. // Инновационные технологии обучения: проблемы и перспективы: Материалы всерос. науч.-метод. конф. (29-30 марта 2008 г., Липецк) – Липецк: Изд-во ЛГПУ, 2008. – С. 204–207.
8. Маликов А.В. Ориентированные графы в реляционных базах данных. // Доклады ТУСУР, 2008. – № 2(18). – Ч. 2. – С. 100–104.
9. Desktop Browser Market Share Worldwide | StatCounter Global Stats. [Электронный ресурс] URL: http://gs.statcounter.com/browser-market-share/desktop/worldwide (дата обращения: 24.05.2020 г.).
10. Dracula Graph Library. [Электронный ресурс] URL: https://www.graphdracula.net (дата обращения: 16.03.2020 г.).
11. Ivanova O.N., Silkina N.S. Competence-Oriented Model of Representation of Educational Content. // Proceedings of the 40th International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO'2017, Opatija, Croatia, May 22–26, 2017. IEEE, 2017. – 791–794 pp.
12. Юнг К.Г. Психологические типы / под ред. Зеленского В. – СПб: Азбука, 2001. – 736 с.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А. Функции расчета сервиса Algorithms

Реализация функции дискретизации области съёмки переведена в таблице 1. Реализация функции расчёта маршрута с использованием алгоритма ближайшего соседа приведена в таблице 2. Реализация функций расчёта маршрута с использованием алгоритма полного перебора приведена в таблице 3.

Таблица 1 – Функция дискретизации области

#[tauri::command]

pub fn discretize\_area(

    // Vector of tuples representing x and y coordinates of the polygon.

    polygon: Vec<(f64, f64)>,

    // Width of the photo.

    photo\_width: f64,

    // Height of the photo.

    photo\_height: f64,

) -> Result<Vec<(f64, f64)>, String> {

    // Returns a Result containing either a vector of tuples representing the discretized area or a String error.

    println!("Received polygon coordinates: {:?}", polygon);

    // Initialize min and max x and y values to extreme opposites.

    let (mut min\_x, mut max\_x, mut min\_y, mut max\_y) =

        (INFINITY, NEG\_INFINITY, INFINITY, NEG\_INFINITY);

    // Loop through polygon coordinates to find min and max x and y values.

    for (x, y) in &polygon {

        min\_x = min\_x.min(\*x);

        max\_x = max\_x.max(\*x);

        min\_y = min\_y.min(\*y);

        max\_y = max\_y.max(\*y);

    }

    // Inner function to check if a point is inside the polygon.

    fn is\_inside\_polygon(point: (f64, f64), polygon: &Vec<(f64, f64)>) -> bool {

        // Initialize inside flag to false.

        let mut inside = false;

        let len = polygon.len();

        let mut j = len - 1;

        // Loop through the polygon's vertices, checking if the point intersects.

        for i in 0..len {

            let (x\_i, y\_i) = polygon[i];

            let (x\_j, y\_j) = polygon[j];

            // Determine if the point is intersecting with the edge from vertex i to vertex j.

            let intersect = (y\_i > point.1) != (y\_j > point.1)

                && point.0 < (x\_j - x\_i) \* (point.1 - y\_i) / (y\_j - y\_i) + x\_i;

            if intersect {

                inside = !inside;

            }

            j = i;

        }

        inside

    }

    // Initialize the result vector.

    let mut result = Vec::new();

    // Calculate half the camera width and height.

    let (half\_camera\_width, half\_camera\_height) = (photo\_width / 2.0, photo\_height / 2.0);

    let mut x = min\_x;

    // Iterate over x and y values from min to max, checking for intersection with the polygon.

    while x <= max\_x {

        let mut y = min\_y;

        while y <= max\_y {

            // Calculate the corners and midpoints of the rectangle at (x, y).

            let points = vec![

                (x, y), // top-left corner

                (x + photo\_width, y), // top-right corner

                (x, y + photo\_height), // bottom-left corner

                (x + photo\_width, y + photo\_height), // bottom-right corner

                (x + half\_camera\_width, y), // top edge center

                (x + photo\_width, y + half\_camera\_height), // right edge center

                (x + half\_camera\_width, y + photo\_height), // bottom edge center

                (x, y + half\_camera\_height), // left edge center

            ];

            // Check if any corner or midpoint of the rectangle is inside the polygon.

            let is\_any\_point\_inside = points

                .into\_iter()

                .any(|point| is\_inside\_polygon(point, &polygon));

            if is\_any\_point\_inside {

                let center\_x = x + half\_camera\_width;

                let center\_y = y + half\_camera\_height;

                result.push((center\_x, center\_y));

            }

            y += photo\_height;

        }

        // Move to the next position in x-axis.

        x += photo\_width;

    }

    // Return the result vector containing the centers of the rectangles that intersect with the polygon.

    Ok(result)

}

Таблица 2 – Функция расчета «Ближайший сосед»

#[tauri::command]

pub fn nearest\_neighbor(

    points: Vec<(f64, f64)>,

    start\_point: (f64, f64),

) -> Result<Vec<(f64, f64)>, String> {

    if points.is\_empty() {

        return Err("The input points must not be empty".to\_string());

    }

    let mut remaining\_points: Vec<(f64, f64)> = points;

    let mut result: Vec<(f64, f64)> = Vec::new();

    let mut current\_point = start\_point;

    while !remaining\_points.is\_empty() {

        let (nearest\_index, nearest\_point) = remaining\_points

            .iter()

            .enumerate()

            .min\_by(|(\_, a), (\_, b)| {

                euclidean\_distance(&current\_point, a)

                    .partial\_cmp(&euclidean\_distance(&current\_point, b))

                    .unwrap\_or(std::cmp::Ordering::Equal)

            })

            .ok\_or("Failed to find the nearest point".to\_string())?;

        let nearest\_point = \*nearest\_point;

        remaining\_points.remove(nearest\_index);

        if result.is\_empty() {

            result.push(start\_point);

        }

        result.push(nearest\_point);

        current\_point = nearest\_point;

    }

    result.push(start\_point);

    Ok(result)

}

Таблица 3 – Функции расчета «Полный перебор»

// Main function to find the shortest path using the brute force approach.

#[tauri::command]

pub fn brute\_force(points: Vec<(f64, f64)>, start\_point: (f64, f64)) -> Vec<(f64, f64)> {

    // Wrap the points and best\_path in Arc for shared ownership across threads.

    let points = Arc::new(points);

    let best\_path = Arc::new(Mutex::new((Vec::new(), f64::MAX)));

    let mut threads = Vec::new();

    // Iterate through each point, creating a separate thread for each.

    for (i, point) in points.iter().enumerate() {

        // Clone Arc references to share ownership with the spawned threads.

        let points = Arc::clone(&points);

        let best\_path = Arc::clone(&best\_path);

        let start\_point = start\_point.clone();

        let removed\_point = point.clone();

        // Spawn a thread for each point, removing it from the remaining points.

        let thread = thread::spawn(move || {

            let mut remaining\_points = points.to\_vec();

            remaining\_points.remove(i);

            let current\_path = vec![start\_point, removed\_point];

            let current\_distance = euclidean\_distance(&start\_point, &removed\_point);

            // Call the helper function in each thread.

            brute\_force\_helper(

                remaining\_points,

                current\_path,

                start\_point,

                current\_distance,

                &best\_path,

            );

        });

        threads.push(thread);

    }

    // Wait for all threads to complete.

    for thread in threads {

        thread.join().unwrap();

    }

    // Extract the best path from the Arc<Mutex<\_>>.

    let (best\_path, \_) = Arc::try\_unwrap(best\_path).unwrap().into\_inner().unwrap();

    best\_path

}

// Recursive helper function to find the shortest path using the brute force approach.

fn brute\_force\_helper(

    points: Vec<(f64, f64)>,

    current\_path: Vec<(f64, f64)>,

    start\_point: (f64, f64),

    current\_distance: f64,

    best\_path: &Arc<Mutex<(Vec<(f64, f64)>, f64)>>,

) {

    // Base case: if there are no points left, update the best path if the current path is shorter.

    if points.is\_empty() {

        let total\_distance =

            current\_distance + euclidean\_distance(&start\_point, current\_path.last().unwrap());

        let mut best\_path = best\_path.lock().unwrap();

        if total\_distance < best\_path.1 {

            best\_path.0 = current\_path.clone();

            best\_path.0.push(start\_point);

            best\_path.1 = total\_distance;

        }

    } else {

        // Iterate through each remaining point, removing it from the list and updating the path.

        for (i, point) in points.iter().enumerate() {

            let mut remaining\_points = points.clone();

            let removed\_point = remaining\_points.remove(i);

            let last\_point = current\_path.last().unwrap();

            let new\_distance = current\_distance + euclidean\_distance(last\_point, &removed\_point);

            // If the updated path is shorter than the current best path, continue the search.

            if new\_distance < best\_path.lock().unwrap().1 {

                let mut new\_path = current\_path.clone();

                new\_path.push(\*point);

                brute\_force\_helper(

                    remaining\_points,

                    new\_path,

                    start\_point,

                    new\_distance,

                    best\_path,

                );

            }

        }

    }

}

# Приложение Б. Скриншоты приложения

Скриншоты разработанного приложения приведены на рисунках 1–10.

Нумерация таблиц и рисунков в приложении начинается с единицы и является сквозной по всем приложениям.

Если приложение одно, то оно не нумеруется. Если приложений несколько, то в содержание выносится отдельная позиция «ПРИЛОЖЕНИЯ» (заголовок первого уровня), приложения нумеруются буквами А, Б, В, Г и т.д. (заголовки второго уровня).

В тексте в приложениях применяются те же правила оформления, что и к основному тексту курсовой работы.