

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

Институт радиоэлектроники и информационных технологий – РТФ
Школа бакалавриата

ОТЧЕТ

По проекту
«Разработка модели машинного обучения
для сегментации КТ-снимков печени»
по дисциплине «Проектный практикум»

Заказчик: Ильинский А.Д.

Куратор: Ильинский А.Д.

Студенты команды Data Wizards

Глушков М.Е.

Мангилева М.А.

Мурсекаев И.Т.

Щербаков Д.В.

Полежаев К.С.

Екатеринбург, 2025

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1 Основная часть	6
1.1 Работа участников проекта	6
1.1.1 Полежаев Константин Сергеевич	6
1.1.2 Глушков Максим Евгеньевич	6
1.1.3 Щербаков Данил Вячеславвич	6
1.1.4 Мурсекаев Ильяс Тагирович	6
1.1.5 Мангилева Мария Александровна	7
1.2 Backlog проекта	7
1.3 Обзор аналогов	8
1.3.1 3D Slicer (Liver Segmentation Extension)	8
1.3.2 QUIBIM Precision	9
1.3.3 InferVISION Liver CT AI	10
1.3.4 AI-Rad Companion (Siemens Healthineers)	10
1.3.5 MITK (Medical Imaging Interaction Toolkit)	11
1.4 Архитектура программного продукта	13
1.4.1 Компонент загрузки медицинских изображений	13
1.4.2 Подсистема авторизации пользователей	13
1.4.3 Компонент автоматической сегментации печени	14
1.4.4 Подсистема визуализации результатов	14
1.4.5 Интерактивный редактор контуров	14
1.4.6 Подсистема управления данными	14
1.4.7 Инфраструктурный слой и система развертывания	15
1.4.8 Обоснование выбора архитектуры продукта	15
1.5 Методология разработки	15
1.6 Планирование и распределение задач	17
1.6.1 Этапы работы	17
1.6.2 Инструменты взаимодействия	18

1.6.3 Организация работы	18
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	21
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	23
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Основной блок сервиса: работа с сегментом печени.	24

ВВЕДЕНИЕ

В рамках проекта предстоит дообучить модель машинного обучения для сегментации печени на компьютерно-томографических (КТ) снимках пациентов одной из клиник Екатеринбурга. Итоговое решение должно обеспечивать высокую точность сегментации и быть интегрировано в сервис.

Цель: Дообучить модель машинного обучения для сегментации КТ-снимков печени и упаковать решение в сервис.

Задачи:

- 1) обучение модели машинного обучения на новых данных;
- 2) оценка качества модели и ее доработка;
- 3) упаковка решения в сервис с возможностью редактирования сегмента.

Актуальность: Автоматизация процессов анализа медицинских изображений, в том числе сегментации органов на КТ-снимках, является приоритетным направлением развития современных цифровых решений в здравоохранении. Ручная разметка органов требует значительных временных затрат и подвержена человеческому фактору. Внедрение модели, способной точно и стабильно сегментировать печень на изображениях, позволит ускорить диагностические процессы, снизить нагрузку на врачей и повысить качество медицинской помощи.

Область применения: Разработанное решение будет востребовано в сфере медицины и здравоохранения, особенно в диагностических центрах, клиниках и исследовательских учреждениях, работающих с КТ-снимками. Оно может использоваться для предоперационного планирования, научных исследований и образовательных целей.

Ожидаемые результаты:

- модель машинного обучения, успешно сегментирующая печень на реальных снимках заказчика;

- повышенная точность сегментации, обеспечивающая практическую применимость в медицинских процессах;
- возможность редактировать сегмент;
- упаковка модели в сервис, обеспечивающий удобство использования.

1 Основная часть

1.1 Работа участников проекта

В процессе реализации проекта каждый участник команды выполнял определенные функциональные обязанности, способствующие достижению поставленных целей.

1.1.1 Полежаев Константин Сергеевич

Роль: ML-инженер.

Функционал: осуществлял разработку и обучение модели сегментации, а также проводил её тестирование на контрольных выборках. Кроме того, реализовал функцию редактирования результатов сегментации, обеспечивающую возможность корректировки сегмента пользователем.

1.1.2 Глушков Максим Евгеньевич

Роль: ML-инженер.

Функционал: участвовал в тестировании и валидации модели, разрабатывал функцию конвертации исходного изображения в PNG, а также занимался повышением точности сегментации с Константином.

1.1.3 Щербаков Данил Вячеславвич

Роль: Fullstack-разработчик.

Функционал: отвечал за разработку пользовательского интерфейса программного продукта и интеграцию модели машинного обучения в структуру веб-сервиса, обеспечив тем самым доступность функционала системы для конечного пользователя.

1.1.4 Мурсекаев Ильяс Тагирович

Роль: аналитик.

Функционал: проводил сбор и анализ информации по существующим аналогам решений в области сегментации медицинских изображений. Представленные результаты использовались для обоснования проектных решений и выбора подходов к реализации.

1.1.5 Мангилева Мария Александровна

Роль: Тимлид.

Функционал: осуществляла общее руководство проектом, включая координацию работы участников, контроль сроков и качества выполнения задач, а также взаимодействие с куратором и заказчиком.

1.2 Backlog проекта

Требования заказчика:

- высокая точность сегментации печени на реальных КТ-снимках;
- упаковка модели в сервис, развернутый в Docker.

Возможность для пользователей (врачей и медицинских специалистов):

- простота эксплуатации;
- высокая скорость обработки изображений;
- возможность редактирования сегмента.

На основании требований заказчика и ожиданий конечных пользователей сформирован следующий backlog проекта в виде таблицы (для каждой задачи используется условная единица затрат) – список ключевых задач, необходимых для реализации целевого программного продукта (таблица 1).

Таблица 1 – Backlog проекта

№	Задача	Объем (у.е.)
1	Изучение реальных КТ-снимков печени	1 у.е.
2	Обучение модели на новых данных	4 у.е.
3	Оптимизация точности модели	4 у.е.

Продолжение таблицы 1

№	Задача	Объем (у.е.)
4	Подбор параметров модели с целью повышения точности сегментации	2 у.е.
5	Проектирование сервиса	5 у.е.
6	Создание редактора контуров	2 у.е.
7	Внедрение модели в состав сервиса с передачей изображений/результатов	3 у.е.
8	Упаковка решения в Docker-контейнер	1 у.е.
9	Комплексное тестирование сервиса	4 у.е.

1.3 Обзор аналогов

1.3.1 3D Slicer (Liver Segmentation Extension)

Назначение:

Модуль Liver Segmentation является расширением программной платформы 3D Slicer и предназначен для ручной, полуавтоматической и автоматической (с использованием методов искусственного интеллекта) сегментации печени на КТ-снимках.

Интерфейс:

Десктопное приложение с графическим пользовательским интерфейсом (GUI).

Применение методов машинного обучения (ML/AI):

Частично – в программной платформе доступны модули, использующие ИИ, однако основная работа может выполняться вручную или в полуавтоматическом режиме.

Наличие функции редактирования сегмента:

Поддерживается ручная коррекция сегментированных областей с использованием кисти, контуров и других инструментов взаимодействия.

Преимущества:

Высокая гибкость, наличие открытого исходного кода (open-source), активное сообщество разработчиков и пользователей, поддержка пользовательских модулей и плагинов.

Недостатки:

Отсутствие веб-версии, необходимость определённых навыков в работе с медицинскими изображениями.

Лицензия / Доступ:

Открытое программное обеспечение, распространяемое по лицензии BSD.

Ссылка на сайт представлена в списке литературы [1].

1.3.2 QUIBIM Precision

Назначение:

Платформа для анализа медицинских изображений, предоставляющая функциональность автоматической сегментации различных анатомических структур, в том числе печени.

Интерфейс:

Веб-интерфейс и интеграция с системами PACS.

Применение методов машинного обучения (ML/AI):

Да – используются модели глубокого обучения для автоматического анализа изображений.

Наличие функции редактирования сегмента:

Отсутствует – сегментация осуществляется полностью автоматически без возможности ручной коррекции.

Преимущества:

Наличие клинической сертификации, высокий уровень точности, предназначено для использования в медицинских учреждениях.

Недостатки:

Закрытая архитектура, отсутствие возможности модификации сегментации пользователем.

Лицензия / Доступ:

Коммерческое программное обеспечение.

Ссылка на сайт представлена в списке литературы [2].

1.3.3 InferVISION Liver CT AI

Назначение:

Коммерческое решение для автоматического анализа и сегментации печени на КТ-снимках, разработанное компанией InferVISION.

Интерфейс:

Интеграция через PACS и веб-платформу.

Применение методов машинного обучения (ML/AI):

Да используются методы глубокого обучения.

Наличие функции редактирования сегмента:

Отсутствует.

Преимущества:

Высокая точность, стандартизация обработки медицинских изображений.

Недостатки:

Закрытая система, невозможность вмешательства в результаты сегментации.

Лицензия / Доступ:

Коммерческое программное обеспечение.

Ссылка на сайт представлена в списке литературы [3].

1.3.4 AI-Rad Companion (Siemens Healthineers)

Назначение:

Набор ИИ-модулей, предназначенных для клинической визуализации, включая автоматическую сегментацию печени.

Интерфейс:

Интеграция в системы PACS.

Применение методов машинного обучения (ML/AI):

Да – используются технологии глубокого обучения, обученные на медицинских изображениях.

Наличие функции редактирования сегмента:

Отсутствует.

Преимущества:

Клиническая сертификация, высокая точность анализа, надёжность решений от крупного производителя.

Недостатки:

Полностью закрытая система, не допускающая пользовательского вмешательства в результаты анализа.

Лицензия / Доступ:

Коммерческое программное обеспечение.

Ссылка на сайт представлена в списке литературы [4].

1.3.5 MITK (Medical Imaging Interaction Toolkit)

Назначение:

Интерактивный фреймворк для обработки и анализа медицинских изображений, включая возможность выполнения сегментации печени.

Интерфейс:

Десктопное приложение с графическим интерфейсом (GUI).

Применение методов машинного обучения (ML/AI):

Частично – возможна интеграция моделей машинного обучения, но по умолчанию используется ручная обработка.

Наличие функции редактирования сегмента:

Да – доступны инструменты ручной коррекции, такие как кисть, маски и построение контуров.

Преимущества:

Высокая расширяемость, наличие открытого кода, активно используется в научных проектах.

Недостатки:

Требует определённой квалификации и навыков программирования для эффективного использования.

Лицензия / Доступ:

Открытое программное обеспечение, распространяемое по лицензии BSD.

Ссылка на сайт представлена в списке литературы [5].

Анализ аналогичных сервисов показал, что все они используют искусственный интеллект для обработки КТ-изображений печени, обеспечивая автоматизированную сегментацию органа и его структур, таких как сосуды и патологические образования. Большинство решений ориентированы на интеграцию с медицинскими системами, предоставляя врачам визуализацию и аналитические данные. Некоторые из сервисов применяют облачные вычисления, а другие работают в локальных средах, предлагая гибкие методы обработки изображений.

В рамках разработки нового решения будут использованы ключевые сильные стороны существующих сервисов. В первую очередь это автоматическая сегментация печени с учетом ее анатомии. Также внимание будет уделено удобству интерфейса, чтобы медицинский персонал мог без затруднений взаимодействовать с программой.

Тем не менее, не все функции аналогов будут переняты. Например, сложные хирургические инструменты для виртуальной резекции не будут включены. Также будет исключен избыточный функционал, который не влияет на сегментацию, но усложняет работу с сервисом. Интерфейс останется максимально простым, чтобы избежать необходимости длительного обучения пользователей.

Основным отличием нового сервиса станет специально обученная модель, оптимизированная под данные заказчика (КТ-снимки печени), что позволит достичь высокой точности сегментации. В отличие от существующих решений, система будет гибко интегрироваться в рабочий

процесс, обеспечивая удобное взаимодействие без сложных технических настроек. Важной особенностью станет упаковка продукта в удобный сервис, который легко внедрить в рабочие процессы медицинского учреждения.

Таким образом, будущий сервис будет востребован благодаря высокой точности сегментации, минимальному времени обработки снимков и удобной структуре сайта для работы специалистов. Простота использования и адаптация к данным заказчика обеспечат его конкурентное преимущество перед аналогами, делая решение более эффективным и удобным для специалистов в области КТ-снимков печени.

1.4 Архитектура программного продукта

Архитектура программного продукта представляет собой монолитное веб-приложение, построенное на фреймворке Django с использованием контейнеризации. Проект ориентирован на простоту разработки и развертывания, обеспечивая функциональную полноту для задач медицинской обработки изображений в рамках исследовательской или небольшой клинической практики.

1.4.1 Компонент загрузки медицинских изображений

Обеспечивает загрузку медицинских снимков в форматах DICOM (.dcm) и NIfTI (.nii, .nii.gz) через веб-интерфейс. Поддерживается автоматическое преобразование в формат PNG с последующей передачей изображений на сервер для обработки. Компонент включает валидацию файлов и обработку ошибок загрузки.

1.4.2 Подсистема авторизации пользователей

Реализует процедуру аутентификации и входа в личный кабинет для обеспечения персонализированного доступа к истории обработки

изображений. Использует встроенную систему аутентификации Django с поддержкой сессий и безопасного хранения паролей.

1.4.3 Компонент автоматической сегментации печени

Отвечает за автоматическое выделение области печени на медицинских изображениях с использованием предварительно обученной модели DeepLabV3Plus на базе PyTorch. Компонент интегрирован в основное Django приложение и выполняется в том же процессе, что обеспечивает быстрое взаимодействие между веб-интерфейсом и алгоритмами машинного обучения.

1.4.4 Подсистема визуализации результатов

Предоставляет результаты сегментации в графическом виде с наложением полупрозрачной цветовой маски на исходное изображение. Обеспечивает высокую наглядность данных и удобство анализа для конечного пользователя.

1.4.5 Интерактивный редактор контуров

Предоставляет пользователю функциональность ручной корректировки результатов автоматической сегментации через интерактивную HTML5 Canvas. Поддерживает создание множественных контуров, перетаскивание точек, вставку новых точек на линии, масштабирование и навигацию по изображению для детального редактирования.

1.4.6 Подсистема управления данными

Реализует функции долгосрочного хранения и управления результатами обработки с использованием реляционной базы данных SQLite. Предусмотрен механизм связывания пользователей с их изображениями, точками контуров и метаданными. Включает систему версионирования результатов (автоматические vs. отредактированные контуры).

1.4.7 Инфраструктурный слой и система развертывания

Проект использует Docker Compose для оркестрации двухконтейнерной архитектуры, включающей веб-контейнер с Django приложением и Nginx контейнер для обслуживания статических файлов и проксирования запросов. Поддерживается развертывание как в локальной среде разработки, так и на облачных платформах

1.4.8 Обоснование выбора архитектуры продукта

Архитектура выбрана исходя из простоты разработки и развертывания, что делает систему удобной для исследовательских и небольших клинических задач. Django обеспечивает надежность, безопасность и богатый функционал, а контейнеризация с Docker упрощает управление зависимостями. Использование DeepLabV3Plus на PyTorch позволяет эффективно сегментировать медицинские изображения, а встроенная визуализация и интерактивный редактор контуров улучшают восприятие данных. SQLite применяется для хранения обработанных изображений и версионирования, а Nginx помогает оптимизировать работу приложения. Такой подход гарантирует целостность системы при минимальных затратах на поддержку.

1.5 Методология разработки

Разработка проекта ведется с применением гибкой методологии SCRUM, что позволяет эффективно планировать и контролировать ход выполнения задач. Рабочий процесс организован в виде спринтов продолжительностью одна неделя, по завершению каждого из которых проводится общий сбор всех участников в видео-звонке, а также анализ достигнутых результатов, тестирование и планирование последующих этапов. Регулярные командные встречи обеспечивают прогресс проекта и своевременное выявление потенциальных проблем.

Для управления исходным кодом используется система контроля версий Git, что обеспечивает возможность отслеживать изменения, совместную работу над проектом и управление ветками разработки. Все изменения проходят предварительную проверку в рамках pull request'ов.

Тестирование проводится на регулярной основе и включает в себя несколько уровней проверки.

Автоматизированное тестирование – охватывает ключевые компоненты кода, включая модули предобработки данных, архитектуру модели и вспомогательные функции. Это позволяет оперативно выявлять и устранять ошибки на ранних стадиях разработки.

Оценка качества модели – после каждой значимой итерации обучения проводится тестирование модели на отложенной выборке с использованием метрики BCEWithLogitsLoss. Это позволяет объективно отслеживать прогресс и выявлять регрессии.

Тестирование устойчивости сегментации – модель проверяется на изображениях, отличающихся по качеству, источникам и содержанию, для оценки ее способности обобщать знания и сохранять точность при работе с новыми данными.

Интеграционные тесты – проводятся после упаковки модели в сервис, чтобы убедиться в корректной работе всей системы в условиях, приближенных к реальной эксплуатации.

Анализ выявленных ошибок осуществляется после каждого спринта. Основная проблема, которая возникла при работе с моделью, это некорректная сегментация печени, после которой было принято решение переобучить модель.

Также во время работы над проектом были проблемы с обучением модели, впоследствии при более тщательной работе с моделью были достигнуты нужные результаты точности. Пример результата обученной модели представлен на Рисунке 1.

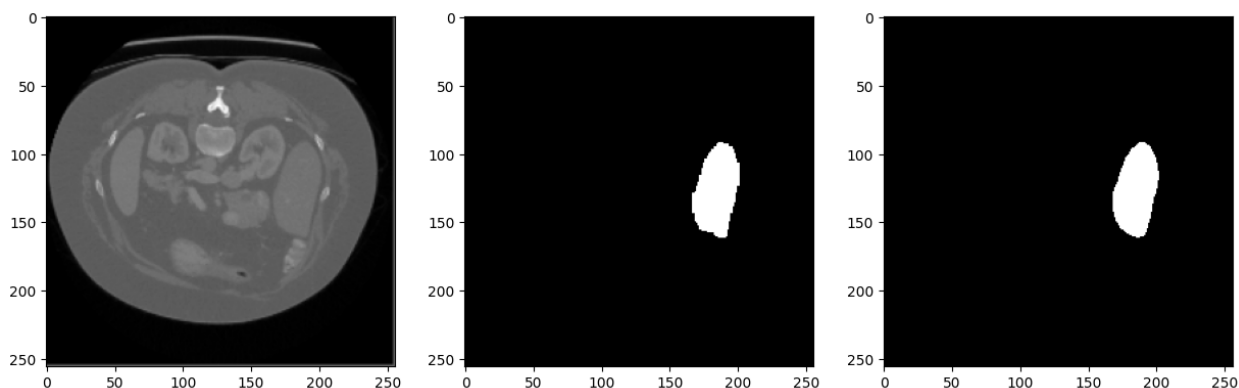


Рисунок 1 – Проверка обученной модели, вывод маски

Таким образом, благодаря использованию SCRUM, современным средствам контроля версий и систематическому тестированию обеспечивается высокая адаптивность и качество разрабатываемого программного продукта.

1.6 Планирование и распределение задач

В процессе разработки проекта внимание уделялось планированию работ и координации действий внутри команды. Для этого был сформирован график с разбивкой на ключевые этапы, в том числе дообучение модели и её последующая интеграция в веб-сервис.

1.6.1 Этапы работы

Подготовительный этап (все участники команды):

- постановка задачи, первичный анализ требований;
- создание инфраструктуры для совместной работы (репозиторий Git, чат в Telegram, Google таблица для наглядного видения планирования работы, доска Yougile).

Исследование и дообучение модели (Максим, Константин):

- сбор и анализ исходных данных;
- подготовка датасетов и дообучение модели;
- внутреннее тестирование качества сегментации.

Поскольку предоставленная куратором модель оказалась нерабочей, было принято решение использовать наработки с предыдущего проекта одного из разработчиков. Поэтому была выбрана именно эта модель в качестве основы для доработки и адаптации под текущие требования.

Интеграция и разработка функциональности (Данил):

- разработка интерфейсов взаимодействия;
- интеграция модели с системой;
- настройка и отладка.

Финальный этап (все участники команды):

- подготовка итоговой документации по проекту;
- проведение внутреннего тестирования;
- подготовка презентации и демонстрации результата.

Реализация работы сервиса с КТ-снимками и сегментом печени представлена в Приложении А.

1.6.2 Инструменты взаимодействия

Для эффективного взаимодействия между участниками использовались следующие инструменты:

- а) Telegram – оперативное обсуждение, обмен файлами и принятие быстрых решений;
- б) Git – контроль версий, хранение исходного кода проекта;
- в) Google Colab – работа над кодом модели машинного обучения на этапе работы с моделью;
- г) Google Таблицы – ведение документации, распределение задач;
- д) Доска в Yougile – дублирование задач для каждого участника.

1.6.3 Организация работы

Работа над проектом велась в режиме еженедельных коротких встреч, где обсуждались выполненные задачи, текущие проблемы и план на

предстоящую неделю (Рисунок 2). Это позволяло поддерживать уровень синхронизации и гибко адаптироваться к возникающим изменениям и задачам. Также все задачи прописывались в Google-таблицу (Рисунок 3) и дублировались на доску в Yougile (Рисунок 4).

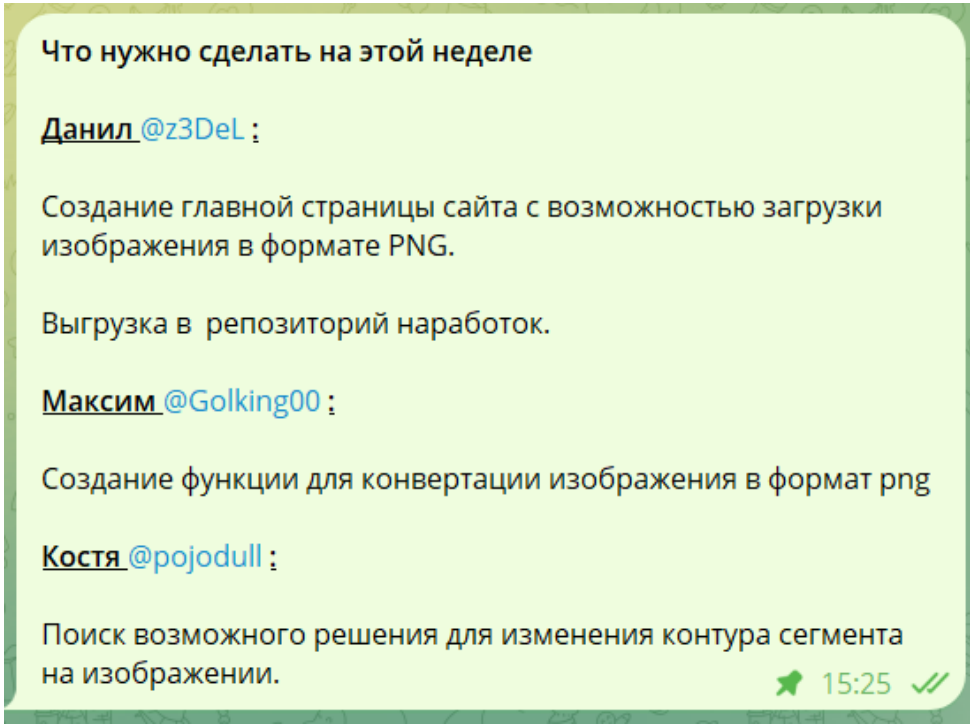


Рисунок 2 – Планирование на неделю работы всей команды

Проект	ТТ	Задача	ТТ	Описание задачи	Владелец	Статус	Дата начала	Дата окончания
		Постановка задач и планирование		Формирование задач, распределение работы в команде, контроль прогресса	mangilevamas@gmail.com	Выполнено	01.04.2025	31.05.2025
		Создание страниц сайта		Верстка, загрузка изображений	dander0701@gmail.com	Выполнено	01.04.2025	14.04.2025
		Создание системы авторизации		Настройка системы авторизации, включая регистрацию, вход с паролем.	dander0701@gmail.com	Выполнено	07.04.2025	14.04.2025
		Конвертация изображений в PNG		Разработка функции конвертации и её интеграция в сервис	glush04work@gmail.com	Выполнено	07.04.2025	20.04.2025
		Интеграция модели в сервис		Загрузка модели, предсказание, сохранение маски. Тестовая модель.	glush04work@gmail.com	Выполнено	14.04.2025	20.04.2025
		Разработка функционала изменения контура печени. Анализ.		Анализ библиотек и вариантов реализации. Тестирование.	glush04work@gmail.com	Выполнено	14.04.2025	27.04.2025
		Доработка модели. Улучшение точности сегментации		Работа над повышением точности сегментации и отображения контуров	glush04work@gmail.com	Выполнено	28.04.2025	11.05.2025
		Настройка логики работы с файлами и масками в сервисе		Проверка, исправление ошибок в коде.	dander0701@gmail.com	Выполнено	28.04.2025	04.05.2025
		Реализация функции изменения контура сегмента		Написание функции для изменения контура сегмента. Интеграция в сервис.	glush04work@gmail.com	Выполнено	12.05.2025	18.05.2025
		Аналитика		Обзор аналогов.	kenny0ff1c1a11acc@gmail.com	Выполнено	05.05.2025	11.05.2025
		Интеграция новой модели в сервис		Интеграция дообученной модели в сервис.	dander0701@gmail.com	Выполнено	12.05.2025	18.05.2025
		Тестирование		Общее тестирование всех функций. Тестирование сервиса.	dander0701@gmail.com	Выполнено	19.05.2025	25.05.2025
		Структурирование всей работы проекта в отчет.		Создание отчет о работе всей команды.	mangilevamas@gmail.com	Выполнено	19.05.2025	25.05.2025

Рисунок 3 – Таблица для наглядного представления работы команды

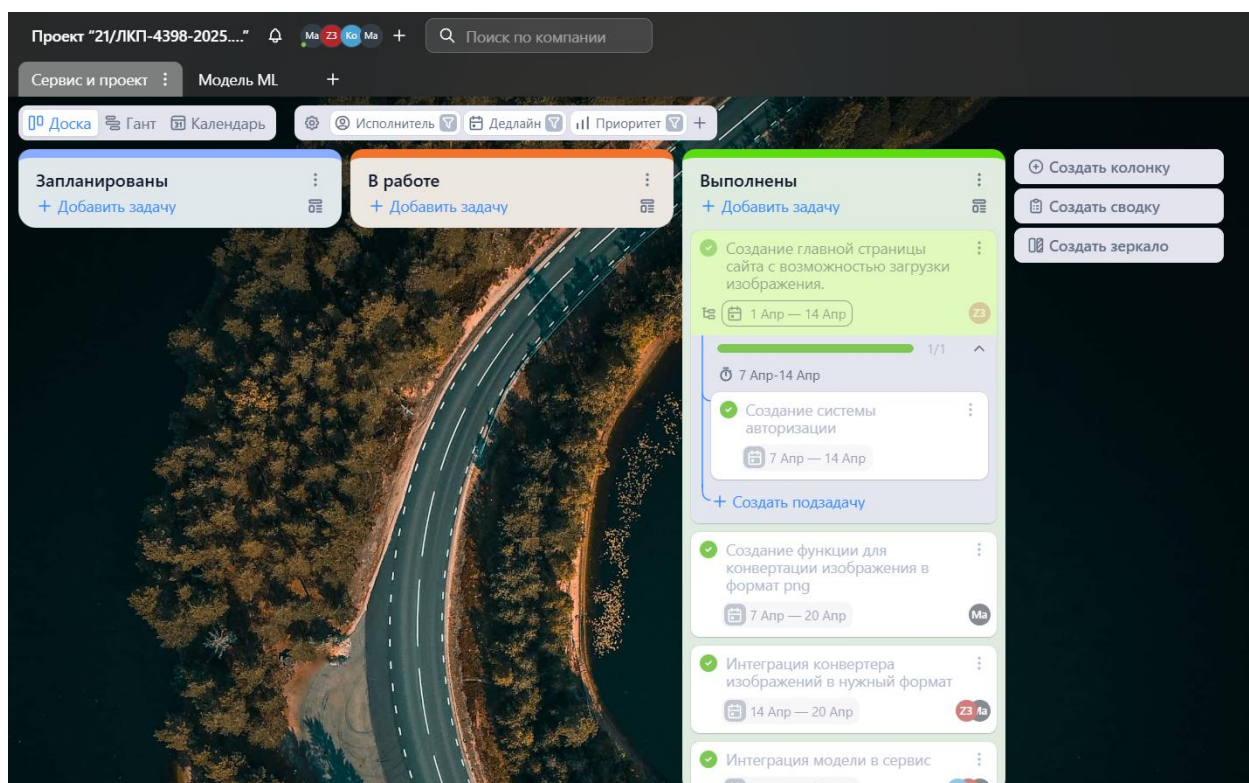


Рисунок 4 – Отображение задач на доске YouGile

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам разработки программного продукта можно отметить высокую степень соответствия требованиям заказчика. Основные цели были достигнуты: модель машинного обучения для сегментации печени успешно обучена на новых данных, интегрирована в веб-сервис, а точность сегментации оптимизирована до приемлемого уровня. Простота использования и возможность ручного редактирования сегмента пользователем повышают ценность продукта для медицинских специалистов. На данном этапе продукт не размещён на хостинге, так как бесплатные тарифы не обеспечивают необходимого объёма для полноценного развертывания.

В ходе тестирования были выявлены ключевые аспекты качества системы, включая её стабильность, точность модели и удобство взаимодействия. Были обнаружены сложности при сегментации отдельных изображений, однако последующая работа над алгоритмом машинного обучения позволила значительно повысить точность. В частности, по результатам обучения и сравнения различных архитектур, наилучшие результаты показала модель DeepLabV3Plus, продемонстрировав индекс Жаккара 0.9285. Это превысило показатели моделей UNet (0.9194) и UNet++ (0.9189), что свидетельствует о её более высокой эффективности. В результате была выбрана именно эта модель как основа для дальнейшего использования. Дополнительно, внедрение механизма редактора контуров компенсировало возможные ошибки автоматической сегментации, позволяя пользователю при необходимости вручную откорректировать результат.

Для дальнейшего развития продукта предлагается рассмотреть следующие направления:

- 1) Организация обратной связи с врачами (для улучшения интерфейса и UX).
- 2) Расширение функциональности (добавление поддержки сегментации других органов и патологий).

3) Разработка модуля анализа динамики изменений по серии снимков (до и после лечения).

Проект можно охарактеризовать как успешно завершённый и соответствующий требованиям заказчика. Внедрение системы в клиническую практику способно существенно снизить нагрузку на специалистов, ускорить диагностические процессы и повысить точность сегментации, что делает продукт перспективным для дальнейшего использования и совершенствования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 3D Slicer [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.slicer.org> (дата обращения: 19.05.2025).
2. QUIBIM Precision – Платформа анализа медицинских изображений [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.quibim.com> (дата обращения: 19.05.2025).
3. InferVISION – Решения на базе ИИ для медицинской визуализации [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.infervision.com> (дата обращения: 19.05.2025).
4. Siemens Healthineers – AI-Rad Companion [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.siemens-healthineers.com> (дата обращения: 19.05.2025).
5. MITK – Medical Imaging Interaction Toolkit [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.mitk.org> (дата обращения: 19.05.2025).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Основной блок сервиса: работа с сегментом печени.

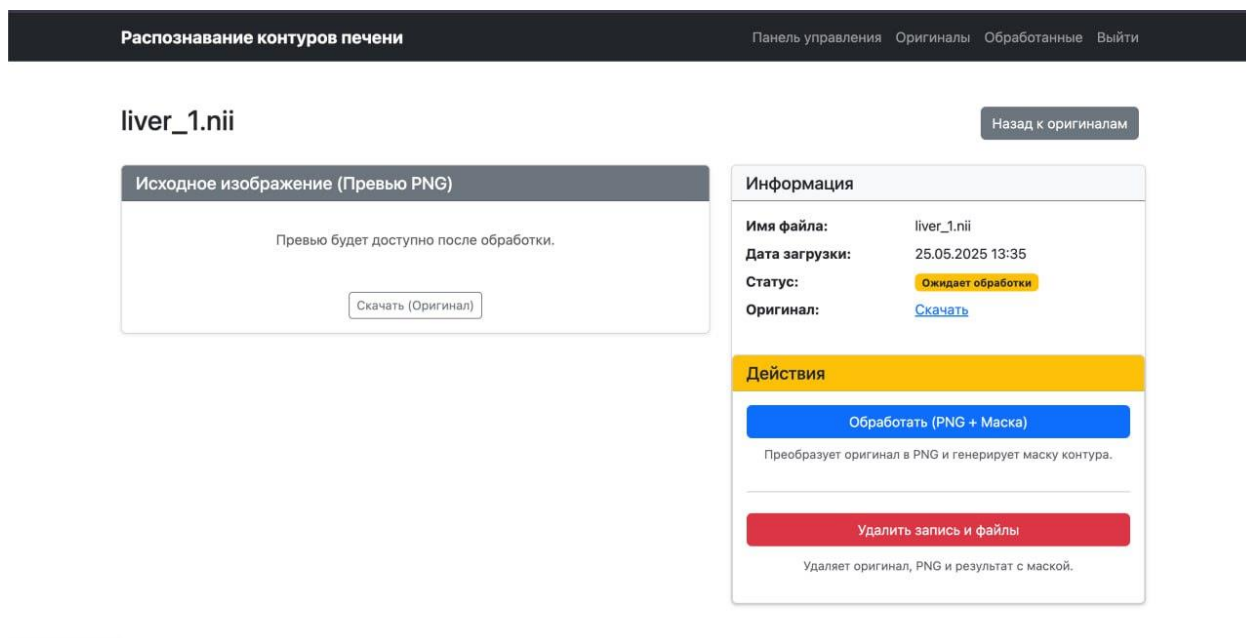


Рисунок А.1 – Интерфейс системы распознавания контуров печени с загруженным файлом liver_1.nii

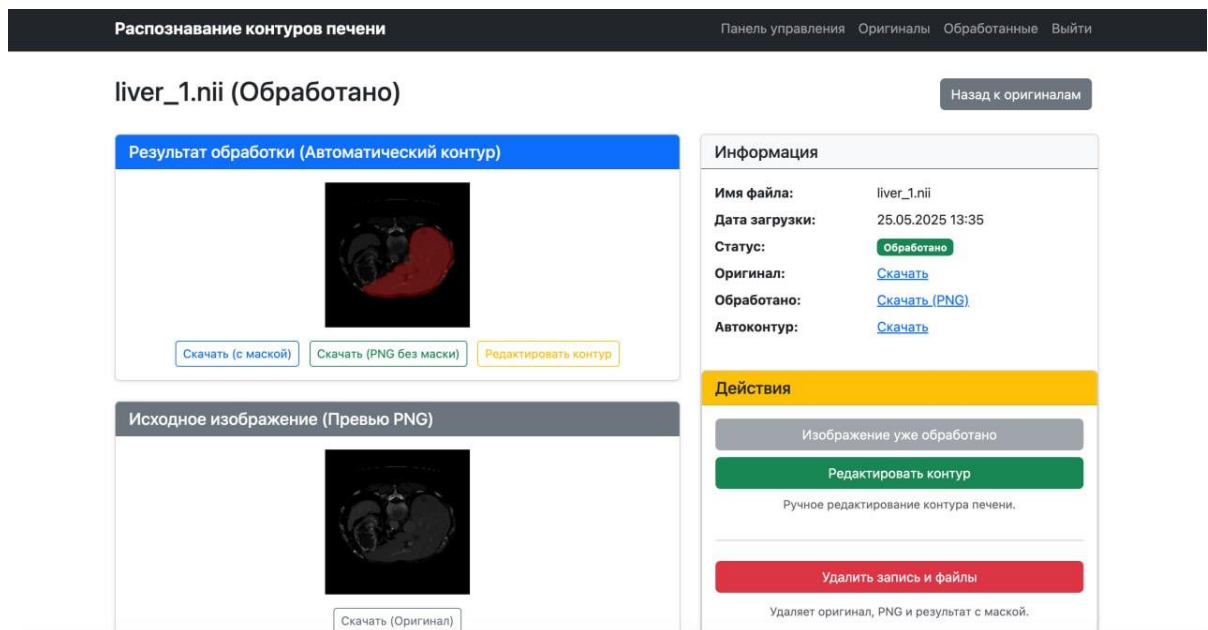


Рисунок А.2 – Распознавание контуров печени: загруженный файл liver_1.nii, ожидает обработки

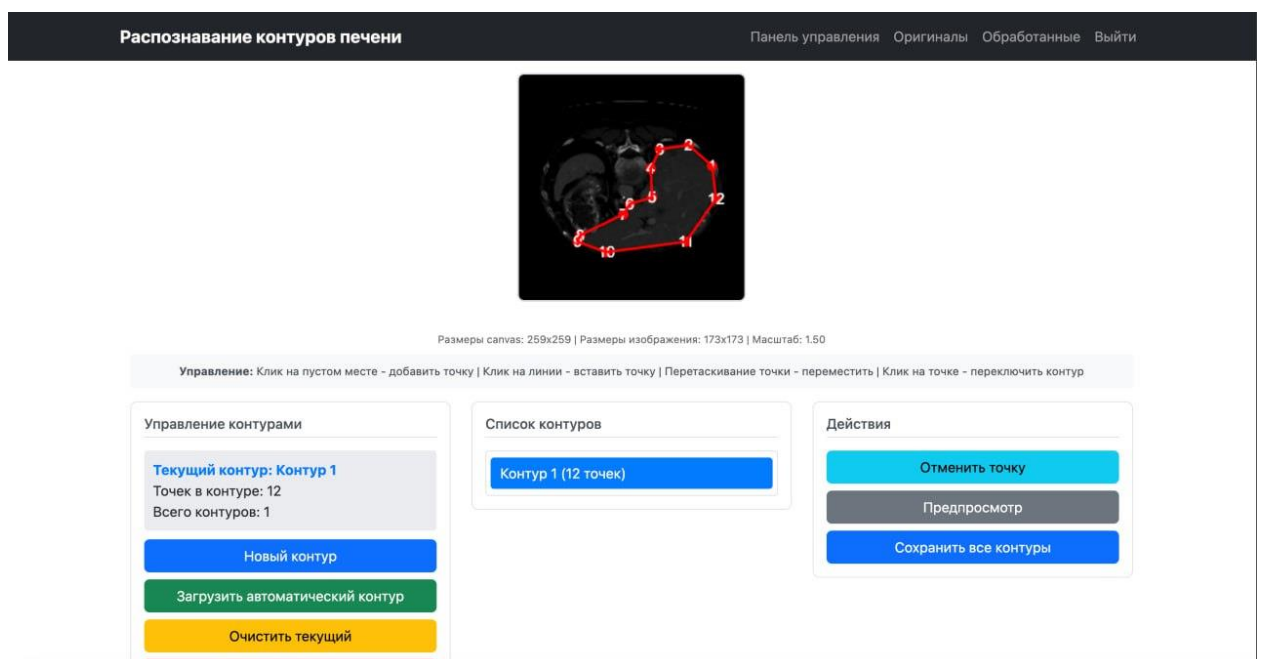


Рисунок А.3 – Распознавание контуров печени: 12 точек на снимке

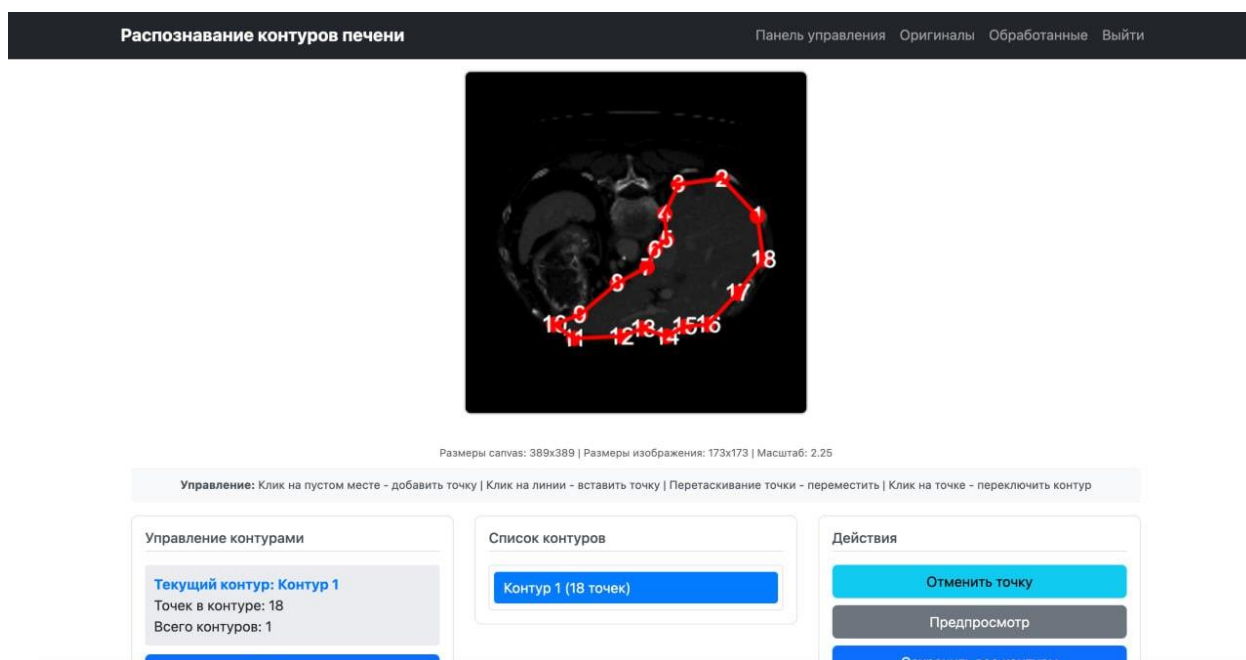


Рисунок А.4 – Распознавание контуров печени: редактирование точек и линий для точного контура

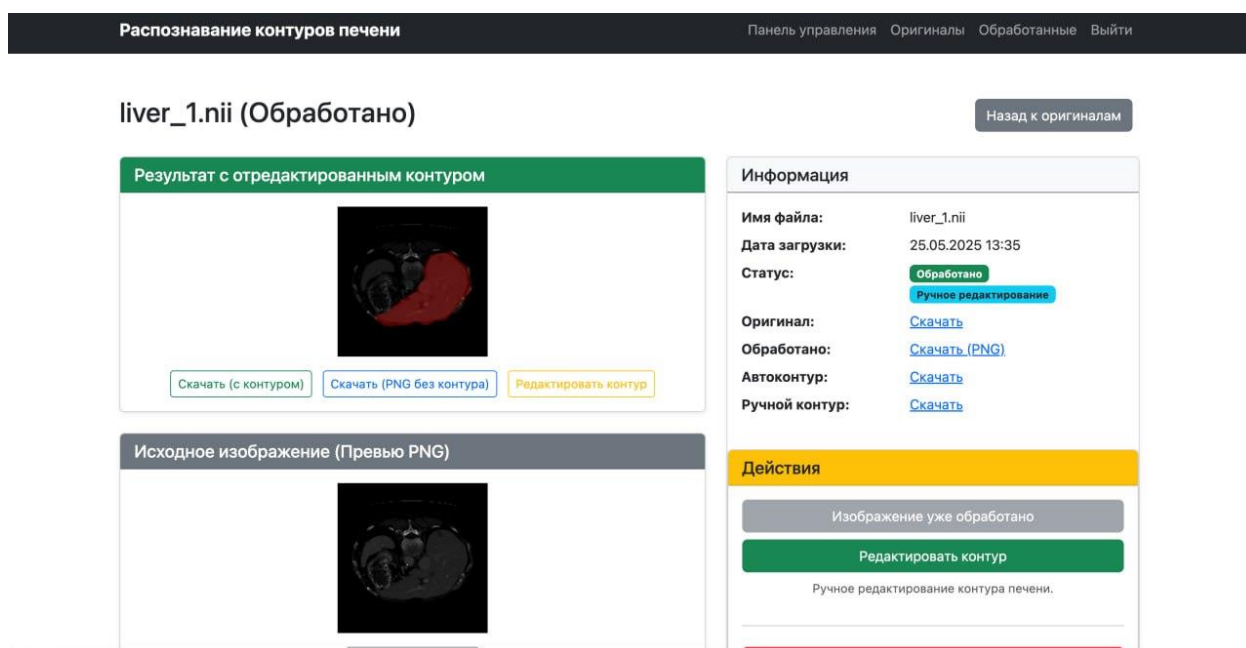


Рисунок А.5 –Итог работы