

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 пе-
чени»
по дисциплине «Проектный практикум»

Заказчик: Фамилия И.О.

Ильинский А.Д.

Куратор: Фамилия И.О.

Ильинский А.Д.

ученая степень, ученое звание, должность

Студенты команды Большие дела

Васьтиков Е.К.

Фамилия И.О.

Гасс И.А.

Фамилия И.О.

Цепилов А.А.

Фамилия И.О.

Шестаков Д.О.

Фамилия И.О.

Юрков А.О.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
Описание задачи.....	3
Цель работы.	3
Задачи.	3
Актуальность.	3
Область применения.	4
Ожидаемые результаты.	4
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ	5
Описание решенных задач проекта по каждому студенту.	5
Результаты проекта с указанием вклада каждого студента.	6
Требования заказчика.....	6
Анализ и сопоставление аналогов.	7
Разработка системы искусственного интеллекта.	8
Методология разработки.	8
Планирование работ.....	9
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	10
Соответствие продукта требованиям заказчика.....	10
Оценка качества продукта и влияние выявленных дефектов.....	10
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	11
ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Техническое задание.....	12

ВВЕДЕНИЕ

Описание задачи.

Обучение нейронной сети для сегментации печени на КТ-срезах. Модель получает на вход срез томограммы и должна формировать бинарную маску, где пиксели печени отмечены единицей, а все остальные – нулем.

Обучение производится в полностью контролируемом режиме на множестве размеченных пар «срез-маска» с минимизацией функции потерь бинарной кросс-энтропии. В качестве основной метрики качества используется Intersection over Union (IoU).

В датасете находятся файлы результатов компьютерной томографии печени. Один пії-файл состоит из некоторого количества кадров печени на разных уровнях.

Цель работы.

Создать инструмент автоматизации сегментации печени на КТ-снимках, включающий разработку точной модели и ее интеграцию в сервис для быстрого выделения контуров органа.

Задачи.

- 1) Сбор и подготовка данных: подобрать датасет и предобработать данные.
- 2) Обучение модели и тестирование: обучить несколько моделей и сравнить результаты. Выбрать лучшую.
- 3) Проектирование интерфейса: создать макет сервиса в Figma – загрузка файлов, визуализация контуров, ручное редактирование.
- 4) Разработка frontend и backend частей сервиса.
- 5) Подготовка отчетности о проделанной работе.

Актуальность.

Сегментация печени на компьютерных томограммах остается одной из ключевых задач в клинической рентгенологии. По некоторым оценкам ручная

разметка занимает от 3 до 5 минут на одно исследование. При загрузке в 20-30 пациентов на исследования тратятся часы.

Проект направлен на создание простого в развертывании веб-сервиса, который автоматически выделяет печень и позволяет откорректировать контур. Системы такого уровня редко доступны в open-source, что делает разработку востребованной.

Область применения.

- 1) Клиническая рентгенология.
- 2) Учебные центры.
- 3) Научные исследования.

Ожидаемые результаты.

- 1) Точность определения маски печени моделью $\text{IoU} > 0.90$
- 2) Среднее время обработки изображения в сервисе < 0.5 секунды
- 3) Веб-сервис выложен в интернет.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Описание решенных задач проекта по каждому студенту.

Васьтиков Егор

- поиск датасета для обучения модели
- написание ТЗ для сервиса
- написание руководства для пользователей сервиса
- управление командой
- подготовка отчетности

Гасс Игорь

- предобработка данных
- создание и обучение нейронной сети
- вывод результатов
- разработка способа получения контура
- разработка Backend-части сервиса
- подготовка проекта к деплою и деплой

Юрков Алексей

- разработка Backend-части сервиса
- разработка способа получения контура
- подготовка проекта к деплою и деплой

Шестаков Дмитрий

- разработка Frontend-части сервиса
- разработка редактирования контура

Цепилов Александр

- дизайн сервиса
- оформление отчетов и презентаций

Результаты проекта с указанием вклада каждого студента.

Разработан веб-сервис с моделью для анализа КТ-снимков, которая автоматически находит маску печени на изображении, а в сервисе идет обработка и выделяется ее контур.

Время на выполнение каждой задачи:

- поиск датасета (Васьтиков Е.) – 3 ч.
- написание ТЗ для сервиса (Васьтиков Е.) – 8 ч.
- написание руководства для пользователей (Васьтиков Е.) – 4 ч.
- управление командой (Васьтиков Е.) – в течение всего проекта
- подготовка отчетности (Васьтиков Е.) – 40 ч.
- предобработка данных (Гасс И.) – 20 ч.
- создание и обучение нейронной сети (Гасс И.) – 25 ч.
- вывод результатов (Гасс И.) – 4 ч.
- разработка способа получения контура (Гасс И.) – 10 ч.
- разработка Backend-части сервиса (Гасс И.) – 30 ч.
- Подготовка проекта к деплою и деплой (Гасс И.) – 13 ч.
- разработка Backend-части сервиса (Юрков А.) – 30 ч.
- разработка способа получения контура (Юрков А.) – 10 ч.
- подготовка проекта к деплою и деплой (Юрков А.) – 13 ч.
- разработка Frontend-части сервиса (Шестаков Д) – 30 ч.
- разработка редактирования контура (Шестаков Д) – 7 ч.
- разработка дизайна сервиса (Цепилов А.) – 10 ч.
- оформление отчетов и презентаций (Цепилов А.) – 8 ч.

Требования заказчика.

- 1) определение точности модели с помощью метрики IoU.
- 2) модель интегрирована в сервис.
- 3) полученный контур печени можно редактировать.

4) сервис должен быть выложен в интернет.

Анализ и сопоставление аналогов.

Аналоги нашего решения представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Соответствие продукта требованиям заказчика

№	Решение/автор	IoU	Веб-сервис	Ручная коррекция	Источник
1	nnU-Net	0.92	нет	нет	https://arxiv.org/pdf/2305.09031
2	UNet-LiTS-2D	0.89	нет	нет	https://paperswithcode.com/paper/190503639
3	Liver-Tumor-Seg	0.87	нет	нет	https://github.com/zz10001/LITS2017-main1
4	MedSeg Cloud	>0.9	есть	есть	https://www.medseg.ai
5	Наше решение	0.91	есть	есть	

nnU-Net – ведущий открытый фреймворк для сегментации медицинских изображений. Поддерживает как 2D, так и 3D режимы работы. Его главное преимущество – высокая точность. Но есть минус – отсутствие веб-интерфейса.

UNet-LiTS-2D – практический 2D пайплайн. Плюсы: низкие требования к памяти и быстрый инференс на отдельных срезах (быстрое получение результатов для каждого слоя). Минусы: отсутствие UI и отсутствует 3D контекст.

Liver-Tumor-Seg – открытый проект, который считается отправной точкой для обучения. Плюсы: простота кода, легкость обучения с нуля. Минусы: низкое качество и отсутствие графического интерфейса.

MedSeg Cloud – коммерческий облачный сервис, предоставляющий услуги сегментации медицинских изображений через веб-интерфейс. Плюсы: полностью веб-ориентирован, высокая точность сегментации и

интегрированы инструменты редактирования. Минусы: закрытый проект, требует финансовых затрат на использование, нет API для оффлайн клиник.

Наше решение: веб-сервис, позволяющий вручную редактировать изображение. Плюсы: высокая точность, open-source решение, бесплатный. Минусы: отсутствие 3D контекста.

Разработка системы искусственного интеллекта.

Описание архитектуры нейронной сети.

В ходе тестирования различных моделей нейронных сетей, была выбрана модель DeepLabV3Plus, так как она показала лучшие результаты среди аналогов (SegNet, Mask R-CNN, U-Net).

DeepLabV3Plus – это полностью сверточная сеть для сегментации, построенная по принципу «энкодер-декодер».

Энкодер на базе предобученного backbone (мощная сеть для извлечения признаков) применяет «дырявые» свертки и модуль ASPP, чтобы захватить контекст сразу на нескольких масштабах без потери разрешения.

Декодер восстанавливает пространственные детали: он повышает разрешение признаковой карты, подмешивает ранние низкоуровневые признаки через skip-connections и уточняет границы объектов несколькими свертками.

Модель остается полностью сверточной и способна работать с изображениями любого размера, сочетая широкий контекст и четкие контуры.

Методология разработки.

Разработка осуществлялась в соответствии с принципами Agile, с применением фреймворка Scrum. Работа разделялась на спринты. Перед спринтом определялись задачи, далее осуществлялась разработка и в конце демонстрация результатов. Прогресс можно отследить по коммитам или на онлайн встречах. Результаты модели оценивались с помощью метрики IoU, а сервис тестировался вручную.

Планирование работ.

Основное взаимодействие происходило на онлайн встречах с командой. Также проводились встречи с заказчиком, на которых мы демонстрировали промежуточные результаты. Благодаря этому мы корректировали дальнейший план работы. С командой было проведено 7 встреч. На встрече разбирались вопросы по задачам, демонстрации результатов и дальнейшие планы. Также помимо встреч использовали telegram-канал для решения мелких вопросов и отправки файлов, таких как техническое задание, презентации и т.д.

Васьтиков Егор – тимлид, Гасс Игорь – ML-разработчик, Цепилов Александр – дизайн, Шестаков Дмитрий – frontend-разработчик, Юрков Алексей – backend-разработчик.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Соответствие продукта требованиям заказчика.

В Таблице 2 представлено соответствие продукта требованиям заказчика.

Таблица 2 – Соответствие продукта требованиям заказчика

Требование	Целевое значение	Результат	Вывод
Точность сегментации	> 0.9	0.91	Выполнено
Ручная корректировка контура	Обязательно	Есть	Выполнено
Проект обернут в докер	Обязательно	Есть	Выполнено
Деплой	Обязательно	Есть	Выполнено

Оценка качества продукта и влияние выявленных дефектов.

Несмотря на работоспособность продукта, в нём всё же есть дефект – при масштабировании изображения и его сохранении, скачивается видимая часть, а не всё изображение целиком.

В рамках работы создан веб-сервис автоматической сегментации печени на КТ-снимках, в котором модель DeepLabV3Plus достигает на тестовой выборке показателя IoU около 0.91. Инструмент позволяет загружать изображения, быстро получать контуры органа и визуализировать результаты, что значительно упрощает и ускоряет работу специалистов.

В дальнейшем планируется внедрить трехмерную визуализацию печени.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пользователь: Alexandr1997ag, Хабр: сообщество IT–специалистов: Эволюция архитектур нейросетей в компьютерном зрении: сегментация изображений. Дата публикации: 11.12.2024 URL:
<https://habr.com/ru/companies/slsoft/articles/864994/#Deep>.

2. Яндекс.Практикум. Сверточная нейронная сеть: как устроена, архитектуры и параметры - использование сверточных нейросетей. Дата публикации: 20.02.2023 URL: <https://practicum.yandex.ru/blog/svertochnye-nevronnye-seti/>.

3. Пользователь: NastyaL, Хабр: сообщество IT–специалистов. Обзор алгоритмов сегментации. Дата публикации: 10.09.2015. URL:
<https://habr.com/ru/companies/intel/articles/266347/>.

4. Пользователь: Arseny_Rylov, Хабр: сообщество IT–специалистов. Сегментация деталей корпуса автомобиля: от разметки до сглаживания контуров. Дата публикации: 08.12.2022.
URL: <https://habr.com/ru/companies/finolab/articles/704180/>.

5. Пользователь: MaxRokatansky. Хабр: сообщество IT–специалистов. Компьютерное зрение в 2024 году: Главные задачи и направления. Дата публикации: 24.04.2024 URL:
<https://habr.com/ru/companies/otus/articles/810207/>.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Техническое задание

Функциональные требования

Загрузка файла:

- Пользователь должен иметь возможность загрузить файл в формате .nii через веб-интерфейс.
- Сервер должен принять файл и сохранить его для дальнейшей обработки.

Выбор и отображение среза:

- Frontend должен отображать срезы из загруженного файла.
- Frontend должен предоставить UI-элемент (например, ползунок/слайдер) для выбора пользователем конкретного 2D-среза из 3D-объема.
- При изменении положения ползунка соответствующий срез должен динамически отображаться пользователю.

Автоматическая сегментация печени:

- Пользователь инициирует процесс сегментации для выбранного среза (например, нажатием кнопки).
- Frontend отправляет запрос на Backend, указывая идентификатор загруженного файла и индекс выбранного среза.
- Backend извлекает данные соответствующего 2D-среза из файла.
- Backend готовит срез в формате, необходимом для модели сегментации (например, массив пикселей нужного размера и типа данных).
- Предобученная модель загружается 1 раз при запуске сервиса.
- Backend получает результат работы модели.
- Backend обрабатывает результат модели для извлечения координат контура печени.

- Backend формирует ответ для Frontend, содержащий координаты контура (например, в виде списка точек $[[x_1, y_1], [x_2, y_2], \dots]$).

Отображение результата сегментации:

- Backend передает полученные координаты контура на Frontend.
- Frontend должен отобразить исходный срез с наложенным на него контуром печени, построенным по полученным координатам.

Редактирование контура:

- Frontend должен предоставить пользователю инструменты для ручного редактирования (коррекции) полученного контура.

Сохранение результата:

- Пользователь должен иметь возможность сохранить результат своей работы.

Нефункциональные Требования

Пользовательский Интерфейс (UI):

- Интерфейс должен быть интуитивно понятным.
- Дизайн должен быть предоставлен дизайнером и реализован Frontend-разработчиком.

Контейнеризация:

- Все компоненты сервиса должны быть обернуты в Docker-контейнер.
- Должен быть предоставлен docker-compose.yml для легкого запуска всего стека.

Развертывание:

- Сервис должен быть готов к развертыванию в облачной среде.