

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

Отчет по проекту «Реализация проекта в сфере Data Science»

Команда «Path to Discoveries»

Студент	Кудинов Максим Игоревич
Студент	Яцук Владислав Романович
Студент	Онищенко Андрей Андреевич
Студент	Раков Дмитрий Владимирович
Куратор	Ильинский Александр Дмитриевич
Заказчик	УрФУ

Екатеринбург

2024

Оглавление

Описание проекта.....	3
О проекте	3
Решение	3
План работ	3
Выводы и результаты.....	4
Архитектура U-Net.....	5
Обзор аналогов	7
Радиология.....	7
Патология	7
Офтальмология.....	8
Дерматология	8
Индивидуальные отчеты.....	9
Раков Дмитрий Владимирович.....	9
Яцук Владислав Романович.....	11
Онищенко Андрей Андреевич.....	12
Результаты проекта	13
Рефлексия и выводы команды	14
Список литературы	15

Описание проекта

О проекте

Проект направлен на создание системы для автоматической сегментации КТ-снимков печени с использованием модели глубокого обучения UNET. Заказчику необходим инструмент, который бы обеспечивал возможность обводить контуры печени на медицинских изображениях, а также предоставлял функцию редактирования результата пользователем, если сегментация была выполнена с ошибкой. Решение должно быть интегрировано в веб-сервис, где пользователи смогут загружать изображения, работать с ними, корректировать контуры и отправлять их для дальнейшего дообучения модели.

Решение

Для реализации поставленной задачи была разработана модель нейронной сети на основе архитектуры UNET, которая выполняет сегментацию изображений печени на КТ-снимках. Далее, решение упаковано в контейнер с использованием Docker, что позволяет разворачивать сервис в различных средах и облегчает масштабирование. Веб-сервис, созданный для взаимодействия с моделью, позволяет пользователям загружать свои снимки, просматривать результаты сегментации, а в случае необходимости — редактировать их вручную, после чего отправлять измененные изображения обратно для дообучения модели. Это обеспечит улучшение качества сегментации с течением времени, учитывая исправления пользователей.

План работ

1. Просмотр наработок от куратора и исправления. Начало: 2 октября, Завершение: 20 октября, Длительность: 18 дней.
2. Доработка нейросети и алгоритма ее обучения. Начало: 20 октября, Завершение: 10 ноября, Длительность: 21 день.
3. Тестирование и корректировки модели NN. Начало: 10 ноября, Завершение: 5 декабря, Длительность: 25 дней.

4. Фича: Загрузка снимков в сервис. Начало: 10 ноября, Завершение: 20 ноября, Длительность: 10 дней.
5. Фича: Отображение снимков и контура. Начало: 20 ноября, Завершение: 1 декабря, Длительность: 11 дней.
6. Фича: Возможность исправления контура. Начало: 1 декабря, Завершение: 17 декабря, Длительность: 16 дней.
7. Деплой. Начало: 30 ноября, Завершение: 23 декабря, Длительность: 23 дня.

Выводы и результаты

Реализована модель для сегментации КТ-снимков печени с использованием нейронной сети UNET, которая обеспечивает точное выделение контура печени на изображениях. Разработан веб-сервис, позволяющий пользователю загружать КТ-снимки, просматривать сегментацию и при необходимости редактировать контуры. В сервисе также предусмотрена возможность отправки исправленных снимков обратно в систему для дообучения модели, что способствует улучшению качества сегментации с каждым новым набором данных.

В ходе выполнения проекта была проделана успешная работа в команде: все участники проекта были заинтересованы в успешном завершении задачи, активно взаимодействовали и делились опытом. Поставленные задачи выполнялись в срок, что обеспечило успешное и своевременное завершение проекта.

Продукт полностью готов и соответствует всем заявленным требованиям.

Архитектура U-Net

U-Net является одной из ключевых архитектур сверточных нейронных сетей (CNN), предназначенной для задач сегментации изображений. В отличие от простого определения класса изображения, U-Net позволяет сегментировать различные области изображения по классам, создавая маску, которая разделяет изображение на несколько категорий. Архитектура включает сжимающий путь, который захватывает контекст, и симметричный расширяющий путь, обеспечивающий точную локализацию. Сеть обучается в режиме end-to-end на небольшом количестве изображений и демонстрирует превосходство над предыдущими методами, такими как сверточные сети с использованием скользящего окна, на соревновании ISBI по сегментации нейронных структур в электронно-микроскопических стеках. Используя ту же сеть, обученную на изображениях световой микроскопии пропускания (фазовый контраст и DIC), U-Net заняла первое место в конкурсе ISBI 2015 года по отслеживанию клеток в этих категориях с заметным отрывом. Кроме того, данная сеть обеспечивает быструю обработку: сегментация изображения размером 512×512 выполняется менее чем за секунду на современном графическом процессоре.

К основным характеристикам U-Net относятся: Высокие показатели эффективности в различных реальных задачах, особенно в области биомедицинских приложений. Способность достигать хороших результатов при использовании ограниченного объема данных.

Архитектура сети представлена на рисунке 1 и состоит из сжимающего пути (слева) и расширяющего пути (справа). Сжимающий путь представляет собой стандартную архитектуру сверточной нейронной сети и включает последовательное применение двух сверток размером 3×3 , за которыми следуют активация ReLU и операция максимального объединения (2×2), что приводит к понижению разрешения.

На каждом этапе сжатия количество каналов признаков удваивается. Каждый шаг в расширяющемся пути включает операцию увеличения разрешения карты признаков, после чего выполняются: Свертка 2×2 для уменьшения числа каналов признаков; объединение с соответствующей обрезанной картой признаков из сжимающего пути; две свертки 3×3 с последующей активацией ReLU.

Обрезка необходима для компенсации потери граничных пикселей, происходящей при каждой свертке.

На последнем слое применяется свертка 1×1 , которая сопоставляет каждый 64-компонентный вектор признаков с необходимым числом классов. В общей сложности сеть включает 23 сверточных слоя.

Обзор аналогов

В рамках работы над данным проектом была реализована MindMap (<https://miro.com/app/board/uXjVKOB13ow=/>), в которой представлены разные области применения компьютерного зрения в медицине. Наша команда занималась веткой «Работа с изображениями» - радиология. Также существуют другие разделы в рамках этой темы: патология, офтальмология, дерматология.

Радиология

- Методы CV помогают в решении различных задач, таких как классификация заболеваний, обнаружение узелков и сегментация регионов на медицинских изображениях. (Этой задачей занимается наша команда)
- Наличие большого количества изображений с комментариями и открытым исходным кодом значительно улучшило анализ рентгеновских снимков грудной клетки, изображений головного мозга (особенно в случаях инсульта) и изображений брюшной полости.
- CV также сыграла важную роль в разработке моделей для выявления COVID-19. Ее гибкость в реагировании на возникающие кризисы в области здравоохранения демонстрирует ее значимость.

Патология

- Свертки в CNN облегчают анализ трехмерных изображений, получаемых с помощью методов, таких как МРТ и КТ. Этой задачей занимается наша команда)

- Методы, такие как обучение с использованием нескольких экземпляров (MIL), становятся эффективным решением для изучения наборов данных с большим количеством изображений и небольшим количеством меток.

Офтальмология

- Компьютерное зрение применяется в системах скрининга диабетической ретинопатии.

Дерматология

- CV играет роль в определении различных кожных заболеваний.
- Помощь в гематологии и серологии: ИИ, встроенный в микроскопы, облегчает процесс диагностики распространенных заболеваний и подсчета клеток крови.
- Интеграция CNN в эндоскопические процедуры: видеорегистраторы с нейронными сетями используются в эндоскопии для определения объема, обнаружения очагов поражения и диагностики заболеваний, таких как рак пищевода и желудка.

Индивидуальные отчеты

Раков Дмитрий Владимирович

Я занимался всем, что связано с нейронной сетью и редактором контура печени.

В начале семестра куратор выслал нам GitHub с наработками нейронной сети. Мы с командой разобрались в коде, запустили, протестировали у себя на машине. Код при запуске в самом начале выдавал ошибки, и нельзя было сохранить веса модели для дальнейшего использования. Исправили все проблемы и приступили к вниканию в код, чтобы он не казался «черным ящиком».

Далее я приступил к переносу нейронной сети на PyTorch, поскольку это более гибкий и удобный инструмент, чем Keras. Плюсом возникали проблемы с обучением, которые, конечно, можно было решить, но PyTorch оказался комфортнее для этого процесса. Тем более у меня с ним намного больше опыта работы.

Для обучения использовалась аугментация. Изображения печени: 512 на 512 пикселей. Использовали Dataset, который предоставил куратор. Разделение на train и test было: 70% – train, причем сканы не перемешивались до разделения на train и test, чтобы нейронная сеть не обучилась на «людях», которых не должна была видеть, и валидация прошла корректно. По тренировочной выборке были посчитаны mean и std значения, чтобы нормировать train и test. Размер одного батча использовали равным четырем. Использовали стандартную архитектуру нейронная сеть UNET с глубиной равной пяти (downsample) и количеством базисных каналов равным восьми. Функция потерь – BCEWithLogitsLoss. Оптимизатор – Adam. Scheduler – ExponentialLR. Также использовались другие варианты обучения, но лучший результат показали эти, качества достигли в 0.9 (DiceCoef) на тестовой выборке.

На сервисе, написанном на Django, я занимался созданием страницы с редактором контура печени. С использованием JavaScript была создана возможность в браузере точками обвести контуры печени. Причем, можно заполнять контур последовательно, заполняя его по шагам. Если результат на новом шаге не устраивает человека, то он может вернуться на шаг назад – до применения обводки нового контура. Координаты, которые пользователь ввел нажатием мыши или графического планшета по экрану, передаются в Django и обрабатываются в коде библиотекой Matplotlib и CV для создания готового контура печени.

Рефлексия: этот проект для меня позволил не только углубить знания в области обработки медицинских изображений, но и развить важные навыки командной работы. Эмоции, которые я испытываю, в целом положительные. Работая в команде, я смог узнать много нового, как в техническом плане, так и в плане взаимодействия с коллегами. Очень рад, что все поставленные цели были достигнуты. Все члены команды проявили себя, каждый в своей области. Я получил ценный опыт в организации работы, соблюдении сроков и в улучшении качества конечного продукта. Уверен, что знания и навыки, которые я приобрел в ходе работы, окажутся полезными в будущем и помогут мне развиваться в профессиональной сфере.

Яцук Владислав Романович

В этом проекте я работал в качестве backend-разработчика на Django. Также помогал с распределением задач внутри команды. Можно даже сказать, что я стал в большей мере тимлидом команды, нежели просто разработчиком.

Проектной задачей, поставленной перед командой, было дальнейшее обучение предоставленной модели для улучшения результатов по получению контура печени из медицинских снимков.

Сейчас сервис готов к работе с реальными снимками в формате .dcm. Особых проблем на этапе разработки не было. По сути, нужно просто было дообучить модель под формат работы со снимками MPT, где нужно было найти печень. Затем все перенести на backend сервиса, отладить работу, контейнеризировать. Также предоставленная модель была переписана на более стабильную библиотеку PyTorch.

Если подвести итог работы в этом семестре лично для себя, то мне понравилось разрабатывать backend на базе Django, понравилось работать с контейнерами docker. Особых проблем не возникло, с подобным команда работала в прошлых семестрах – поэтому учли ошибки прошлых проектов, и в этот раз всё сделали достаточно быстро.

Онищенко Андрей Андреевич

В рамках проектного практикума в этом семестре я попробовал себя в роли системного администратора. Занимался, непосредственно, администрированием и поддержанием жизнедеятельности проекта. Была идея выложить проект на бесплатный хостинг, но для нашего решения ресурсов, в особенности постоянной памяти хостинга не хватало, но затраты в других метриках были на достаточно низком уровне. Это не такой большой проект, чтобы его не тянул слабый сервис, просто нужно было больше памяти. Было принято решение перенести весь сервис на Docker. С этим справились успешно. Также я занимался составлением отчетности проекта, что является для меня новым опытом. Взаимодействуя в уже знакомой команде, могу сказать, что мы, спустя время, начали легко находить общий язык и быстро принимать совместные решения.

Рефлексия: этот проект позволил мне посмотреть на работу разработчиков с другого ракурса и почувствовать другие точки соприкосновения ролей в командной работе. В целом, проект оставил только положительные эмоции – не было резких переносов дат, конкретное ТЗ с начала семестра сохранилось на весь дедлайн, без правок. Каждый в команде выполнил свою роль и я рад этому. Также меня радует, что я получил новый опыт коммуникации в команде на другой роли и профессии. Наша команда в этом семестре работала достаточно быстро и легко принимала решения.

Результаты проекта

Реализована модель для сегментации КТ снимков печени. Модель перенесена на более удобный движок. Веб-сервис для обработки изображений печени через нейросети. Пользователь загружает свой снимок печени. Затем его переносит на страницу с изображением и его сегментацией. Там ему предлагается либо скачать, либо отредактировать решение нейронной сети. Выбрав второй вариант, пользователя переносит на страницу, где он может расставить точки вокруг участка, который, по его мнению, будет точнее, чем предложенное решение нейронной сети. Решение упаковано в Docker.

Видео с результатом: [Видео](#)

Рефлексия и выводы команды

Участие нашей команды в задаче "Разработка сервиса распознавания КТ-снимков печени» по дисциплине «Проектный практикум" было довольно увлекательным и познавательным. Работа в команде была положительной – каждый в полной мере выполнил поставленные ему задачи. В команде не было разногласий. Все решения принимались всеми членами нашей команды единогласно, иногда дискуссия над рациональностью выбранного подхода к задаче. Проблем в ходе выполнения проекта не возникало. Каждый из участников узнал что-то новое и попробовал себя в других ролях внутри команды и внутри разработки сервиса. У нас осталось положительное впечатление о проекте. Какое техническое задание нам дали в начале семестра, таким оно и осталось, что позволило нам проще действовать и затрачивать меньше сил и ресурсов на выполнение поставленной заказчиком задачи.

Список литературы

1. Django Documentation. - URL: <https://docs.djangoproject.com/en/stable/>.
2. PyTorch Documentation. - URL: <https://pytorch.org/docs/stable/index.html>.
3. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. - URL: <https://arxiv.org/pdf/1505.04597>.
4. Litjens G, Kooi T, Bejnordi BE, et al. A survey on deep learning in medical image analysis. Med Image Anal. 2017;42:60-88. doi:10.1016/j.media.2017.07.005.
5. Применение глубокого обучения в медицинской визуализации. - URL: https://www.researchgate.net/publication/343287123_Teknik_Restrukturisasi_Kognitif_untuk_Menurunkan_Mogok_Sekolah_pada_Siswa_SMP.