

## СЕГМЕНТАЦИЯ СЕРДЦА НА РЕНТГЕНОВСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЯХ НА БАЗЕ ВНОВЬ СОЗДАННОГО НАБОРА МАСОК

*В данной работе рассматривается подход создания масок сердца как побочной задачи классификации рентгеновских изображений грудной клетки с помощью нейронных сетей для обнаружения внелегочных патологий. Отмечается применимость сегментации упомянутых изображений для их классификации, обусловленная такими подходами к улучшению работы алгоритмов классификации, как создание региона интереса, увеличения специализации нейронов на поиске признаков сердца за счет одновременной сегментации и классификации. Затрагивается процесс подготовки данных, в том числе – нормализация, разбиение на наборы данных, исключение влияния особенностей групп на результаты.*

### ВВЕДЕНИЕ

Болезни сердца стали проблемой развивающейся цивилизации. По данным ВОЗ за 2019 год причиной 16 процентов всех смертей в мире являются сердечно-сосудистые заболевания [1]. Важно получать сведения о прогрессирующей патологии на ранних этапах, чему способствует скрининг населения. Широкая практика плановой рентгенографии населения позволила собирать рентгеновские изображения грудной клетки, которые пригодны для диагностики некоторых патологий сердца. Проблемой является качественная обработка таких данных, чему призвана помочь автоматизация анализа изображений. Отсутствие эффективных классических подходов и чрезвычайная трудоемкость задачи реализации алгоритмов распознавания признаков патологий на изображениях посредством таких подходов и, в то же время, наличие баз размеченных медицинских изображений, оставляет, в качестве основного, путь обучающихся моделей машинного обучения. Нейросетевой подход позволяет минимизировать участие человека в формировании алгоритмических методов дифференциации изображений. В то же время, такой подход накладывает ограничения и определенные условия на используемую во время обучения базу изображений. Описанная работа была проделана в рамках диссертационного исследования – разработки алгоритма обнаружения внелегочных патологий органов грудной клетки по рентгеновским изображениям. Одна из основных задач данной исследовательской работы заключается в создании алгоритма классификации изображений по признаку принадлежности к группе с интересующей патологией, либо к группе здоровых [2]. Для обучения адекватной решаемой задаче нейросетевой модели необходимо иметь сбалансированную, хорошо подготовленную и изученную для этого базу изображений. В нашем случае количество изображений не является проблемой – наша лаборатория обладает обширной базой аннотированных изображений. В то же время, подготовка этой базы изображений

для исключения нежелательных факторов, влияющих на процесс обучения, является чрезмерно трудоемкой задачей. Чтобы устранить влияние не интересующих областей на изображении можно воспользоваться определением регионов интереса (рис. 1) [3]. Хорошим подходом является совмещение в одной сети сегментации и классификации, тогда, задействованные для поиска признаков сердца нейроны, будут обеспечивать повышенный фокус на нем и для классификатора. Результат работы классификатора может включать и результаты работы алгоритма сегментации (рис. 2) [4][5][6].

### 1. ПОДГОТОВКА ДАННЫХ

Для решения задачи сегментации, на начальном этапе, была предпринята попытка использования существующих баз изображений с разметкой сердца. Для обучения моделей использовалась открытая база аннотированных рентгеновских изображений грудной клетки от General Blockchain Inc, изначально ассоциированная с COVID-исследованиями, содержащая 100 изображений различного разрешения.



Рис. 1 – Пример регионов интереса

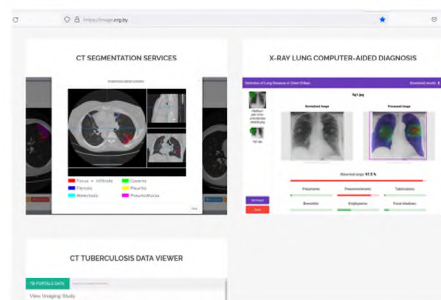


Рис. 2 – Пример реализации подобных проектов на сайте лаборатории

Пример изображения с наложенной маской, приведенного к соотношению сторон 1:1, приведен на рисунке 3. Для тестирования также использовалась база изображений, полученная из двух клиник Республики Беларусь. Из нее была сделана выборка размером 70 000 изображений, содержащая 35 000 изображений с диагностированной кардиомегалией и 35 000 изображений здоровых сердец (рисунок 4). Все изображения приводились к разрешению 512x512, т.к. в данных условиях модель не упиралась в ограничения памяти и производительности, а результат при работе с таким разрешением получался лучше, в сравнении с разрешением 256x256. Особенностью данного набора данных является то, что изображения для финальных тестов и изображения для обучения получены на разном оборудовании и их качество варьируется. [7]

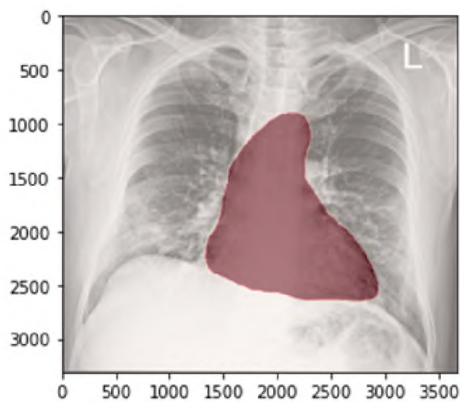


Рис. 3 – Пример из набора для обучения

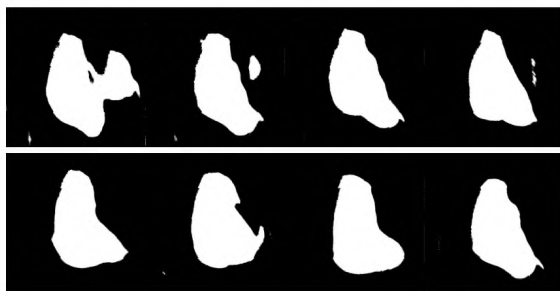


Рис. 4 – Лучший итоговый результат по Dice-метрике составил 0.8484, потери -0.2983

Дальнейшим шагом было создание нашей собственной базы размеченных изображений. Было подготовлено 240 изображений разрешением 512x512, 40 из которых были выделены в набор для тестирования, 200 использовались для обучения.

## II. РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Предварительно было отобрано несколько архитектур нейронных сетей из набора доступных во фреймворке MONAI, подходящих

для решения данной задачи. В их числе: UNet, Simple ASPP, SegResNet, SegResNetVAE, DynUNet, VNet, RegUNet. На этапе подбора параметров сетей удалось выделить наиболее перспективные [8]. Эффективной оказалась архитектура сетей UNet в конфигурации толщины слоев: 64, 128, 256, 512, 1024, позволившая добиться точности по Dice-метрике в диапазоне 0.8..0.95. Ниже (Рисунок 5) приведен пример наложенных на рентгеновское изображение масок, полученных ручной и автоматической (обученная нейросеть) сегментацией. На рисунке 6 приведены примеры полученных масок.

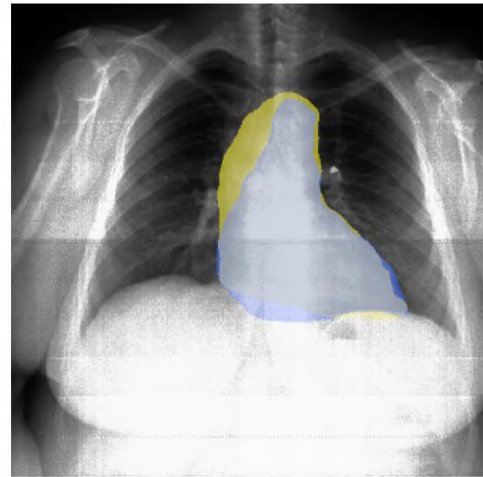


Рис. 5 – Пример наложенных масок

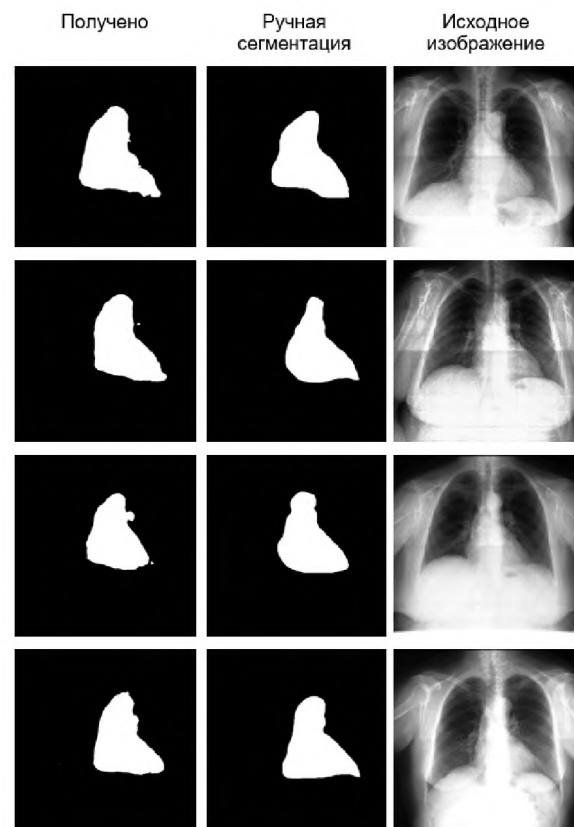


Рис. 6 – Примеры полученных масок

### III. ВЫВОДЫ

Результаты данных экспериментов могут быть использованы для автоматической и полуавтоматической сегментации области сердца на рентгеновских изображениях грудной клетки, т.е. для расширения базы размеченных данных, что частично решает проблему доступности таких данных. Обученная нейронная сеть может быть использована как стадия в обучении новых моделей [3]. Эти данные могут также быть использованы для построения более точных моделей сегментации сердца и классификации сердечных заболеваний, при условии дополнительной обработки изображений стандартными алгоритмами машинного зрения и дообучения модели с обновленными выходными масками. Также перспективным способом улучшения производительности может быть переобучение предобученных моделей [9]. В дальнейшем планируется работа над алгоритмом обнаружения и классификации внелегочных патологий на рентгеновских изображениях грудной клетки, где будут применены полученные сведения и результаты.

1. Новости ООН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://news.un.org/ru/story/2020/12/1392082>. Дата доступа: 08.04.2022.
2. Раджабов, А.Г. Машинное распознавание внелегочных патологий рентгеновских изображений грудной клетки / А.Г. Раджабов // материалы по результа-

там международная научной конференция «Наука и инновации» – 26.11.2020

3. Xupeng Chen, Deep Mask For X-ray Based Heart Disease Classification, Cornell University, Aug., 2018. [Online]. Available: <https://arxiv.org/abs/1808.08277>
4. Biomedical Image Analysis group [Electronic resource] : Biomedical Image Analysis groups web site. – Mode of access: <https://image.org.by/>. – Date of access: 08.04.2022.
5. Liauchuk V. Detection of Lung Pathologies Using Deep Convolutional Networks Trained on Large X-ray Chest Screening Database / V. Liauchuk, V. Kovalev // Pattern Recognition and Information Processing (PRIP'2019), Minsk – 2019
6. Рябцева С.Н. Разработка алгоритма поиска опухолевых областей на основе обработки полнослайдовых гистологических изображений рака молочной железы / С.Н. Рябцева, В.А. Ковалев, В.Д. Малышев, И.А. Семеник // Доклады БГУИР, Т. 18, № 8 – 2020
7. Раджабов, А.Г. Анализ производительности моделей глубокого обучения в области сегментации сердца на изображениях грудной клетки на малом наборе данных / А.Г. Раджабов // материалы по результатам научно-технической конференции «Современные проблемы и перспективы биомедицинской инженерии» – 21.05.2021
8. Radzhabov A., Kovalev V., Performance Analysis of Deep Learning Models for Heart Segmentation in Chest X-ray Images on a Small Dataset // International Conference on Pattern Recognition and Information Processing. – 2021.
9. Hari Sowrirajan, Jingbo Yang, MoCo Pretraining Improves Representation and Transferability of Chest X-ray Models, Medical Imaging with Deep Learning conference, Lubeck, Jul., 2021, pp. 727–743.

*Раджабов Ахмедхан Гаджимаммаевич*, аспирант, младший научный сотрудник лаборатории анализа биомедицинских изображений ОИПИ НАН Беларуси, [axmegxah@outlook.com](mailto:axmegxah@outlook.com).

*Косарева Александра Андреевна*, аспирант БГУИР, [kosareva@bsuir.by](mailto:kosareva@bsuir.by).

*Научный руководитель: Ковалев Василий Алексеевич*, заведующий лабораторией анализа биомедицинских изображений ОИПИ НАН Беларуси, доцент кафедры биомедицинской информатики ФПМИ, кандидат технических наук, [vassili.kovalev@gmail.com](mailto:vassili.kovalev@gmail.com).