

Модификации нейросетевой архитектуры для сегментации стенозов коронарных артерий на статических ангиограммах

Научный руководитель – Гончарова Александра Владимировна

Костышина Арина Олеговна

Студент (бакалавр)

Московский физико-технический институт, Москва, Россия

E-mail: kostyshina.ao@phystech.edu

Сердечно-сосудистые заболевания, в частности ишемическая болезнь сердца, являются ведущей причиной смертности. «Золотым стандартом» визуализации коронарных артерий является ангиография, однако анализ изображений выполняется вручную опытным врачом, что требует значительных временных затрат и носит субъективный характер.

Автоматизация анализа осложняется особенностями реальных изображений: сложной геометрией коронарного русла и выраженным дисбалансом классов, поскольку площадь стеноза обычно составляет менее 5 % от площади изображения [1]. Прямое применение классических свёрточных архитектур, таких как базовая U-Net [2], для выделения сосудов демонстрирует низкую чувствительность к малым патологиям и снижение точности сегментации. Таким образом, актуальной задачей является повышение точности автоматического выявления стенозов за счёт адаптации модели U-Net к специфике ангиографических изображений датасета ARCADE [3].

Для подавления фонового шума и усиления клинически значимых областей в модель интегрированы механизмы пространственного и канального внимания (Attention Gates и Squeeze-and-Excitation блоки), позволяющие перераспределять веса признаков в пользу сосудистых структур.

Для преодоления проблемы дисбаланса классов и повышения чувствительности к малым областям стеноза использована комбинированная функция потерь, объединяющая взвешенную Cross-Entropy, Dice Loss и Focal Loss: первый компонент стабилизирует обучение, второй оптимизирует перекрытие сегментированных областей, а третий усиливает вклад трудно классифицируемых пикселей. Такой подход направлен на повышение качества локализации стенозов в условиях дефицита патологических примеров.

Предполагается, что введенные модификации увеличат Dice на 4 - 6% за счёт лучшего совпадения предсказанных и истинных границ сосудов. Рост IoU ожидается на 5 - 7% относительно текущего значения, что обусловлено более точной локализацией патологий и снижением количества ложноположительных пикселей. Дополнительно прогнозируется снижение Loss на 8 - 12%, что отражает более устойчивый процесс оптимизации и улучшение общей сходимости модели. По результатам исследования предполагается, что разработанный нейросетевой алгоритм является практическим решением автоматического анализа ангиограмм и подтверждает эффективность проведенного комбинированного подхода.

Источники и литература

- 1) Kalisz K. [et al.] Artifacts at cardiac CT: physics and solutions //Radiographics. 2016. V. 36. №. 7. P. 2064-2083.
- 2) Neha F. [et al.] U-Net in Medical Image Segmentation: A Review of Its Applications Across Modalities //arXiv preprint arXiv:2412.02242. 2024
- 3) Popov M. [et al.] Dataset for automatic region-based coronary artery disease diagnostics using X-ray angiography images //Scientific data. 2024. V. 11. №. 1. P. 20-29.