

УДК 611.91

МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ОБУЧАЮЩЕГО НАБОРА ДАННЫХ ДЛЯ СЕГМЕНТАЦИИ СТРУКТУР СРЕДНЕГО И ВНУТРЕННЕГО УХА НА КТ-ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Смольская Т.С., Друц Э.В.

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники,
г. Минск, Республика Беларусь*

Научный руководитель: Камлач П.В. – к.т.н., доцент, доцент кафедры ЭТТ

Аннотация. В работе рассматривается методика формирования обучающего набора данных для разработки нейросетевой модели сегментации анатомических структур среднего и внутреннего уха по данным компьютерной томографии. Описаны особенности КТ-изображений височной кости, влияющие на процесс сегментации. Рассмотрены этапы подготовки исходных томографических данных, процедуры ручной разметки и формирования обучающей выборки для последующего обучения моделей глубокого обучения. Предложенный подход позволяет сформировать структурированный набор данных, пригодный для разработки и обучения нейросетевых алгоритмов сегментации медицинских изображений.

Ключевые слова: компьютерная томография, сегментация медицинских изображений, нейронные сети, медицинские данные, височная кость, среднее ухо, внутреннее ухо, обучающий набор данных.

Введение. Современные методы медицинской визуализации играют важную роль в диагностике заболеваний органов слуха. Одним из наиболее распространённых методов исследования костных структур является компьютерная томография (КТ), позволяющая получать высокодетализированные послойные изображения височной кости. КТ широко используется для анализа анатомии среднего и внутреннего уха, а также для планирования хирургических вмешательств.

В последние годы для обработки медицинских изображений активно применяются методы глубокого обучения, позволяющие автоматизировать процесс сегментации анатомических структур [1, 2]. Однако эффективность таких методов во многом зависит от качества и структуры обучающих данных. Для обучения нейросетевых моделей требуется формирование размеченных наборов медицинских изображений, что является сложной и трудоёмкой задачей.

Целью данной работы является разработка методики формирования обучающего набора данных для сегментации структур среднего и внутреннего уха на КТ-изображениях.

Основная часть. КТ-изображения височной кости характеризуются высокой плотностью костных структур и наличием мелких анатомических элементов. Структуры среднего и внутреннего уха, такие как улитка, преддверие, полукружные каналы и слуховые косточки, имеют малые размеры и сложную пространственную форму.

Дополнительные сложности связаны с наличием шумов и артефактов, а также низким контрастом между соседними тканями [4]. Кроме того, при сегментации медицинских изображений возникает проблема дисбаланса классов, когда объём целевых структур значительно меньше объёма фоновой области [5].

Указанные особенности требуют применения специальных методов подготовки данных перед обучением нейросетевых моделей.

Исходные данные компьютерной томографии представлены в формате DICOM, содержащем как изображения, так и метаданные о параметрах сканирования. Подготовка данных включает сбор КТ-исследований, проверку качества изображений и анализ параметров томографии.

Для повышения точности сегментации используются тонкосрезовые КТ-исследования с толщиной среза менее 1 мм. На этапе предобработки выполняется нормализация интенсивности изображений, приведение данных к единому формату и выделение области интереса.

Процесс формирования обучающего набора данных представлен на рисунке 1.

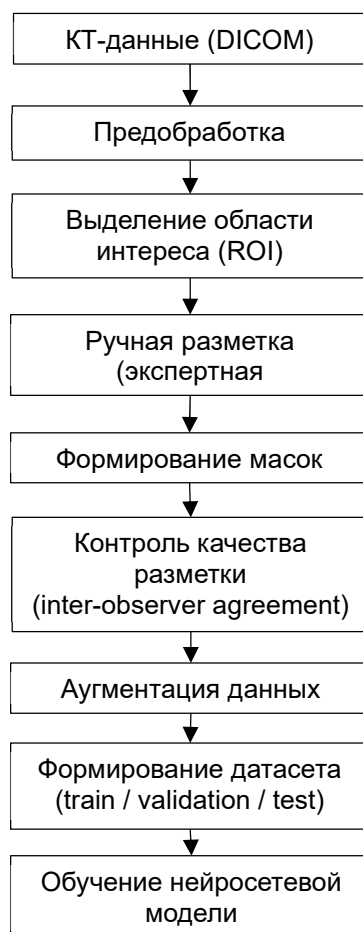


Рисунок 1 – Схема формирования обучающего набора данных для обучения нейросетевой модели сегментации

Формирование обучающего набора данных представляет собой многоэтапный процесс, включающий предобработку КТ-данных, разметку анатомических структур, формирование эталонных масок сегментации (ground truth) и подготовку данных для обучения нейросетевой модели. Важным этапом является контроль качества разметки, включая оценку согласованности между экспертами.

Разметка медицинских изображений является ключевым этапом формирования обучающего набора данных для задач сегментации [6]. Медицинская аннотация представляет собой процесс выделения и маркировки областей интереса на изображениях с целью формирования эталонных данных, необходимых для обучения моделей машинного обучения.

В рамках данного исследования разметка выполняется вручную с участием специалиста в области оториноларингологии. Для каждой анатомической структуры формируется отдельная маска сегментации, отражающая её пространственное расположение на КТ-изображениях.

На первом этапе выделяются основные анатомические структуры среднего и внутреннего уха, включая улитку, преддверие, полукружные каналы и слуховые косточки. Данный перечень может быть расширен в дальнейшем по мере развития исследования.

Процесс разметки включает последовательное выделение структур на послойных изображениях с последующей проверкой корректности границ. Особенностью медицинской аннотации является необходимость привлечения специалистов, обладающих знаниями анатомии и клинической практики, что существенно усложняет и удорожает процесс подготовки данных.

Следует отметить, что при ручной разметке возможно возникновение различий между экспертами (inter-observer variability), обусловленных субъективностью интерпретации границ анатомических структур [7]. Для повышения согласованности разметки используется повторная проверка результатов и согласование спорных участков.

Таким образом, корректная организация процесса аннотирования медицинских изображений является критически важным фактором при формировании качественного обучающего набора данных.

После выполнения разметки формируется обучающий набор данных для дальнейшего обучения нейросетевых моделей сегментации. Подготовленный набор данных включает исходные КТ-изображения и соответствующие маски сегментации.

Для обучения моделей глубокого обучения данные обычно разделяются на три части:

- обучающую выборку;
- валидационную выборку;
- тестовую выборку.

Такое разделение позволяет оценить качество работы модели и предотвратить переобучение [8].

Для оценки качества работы нейросетевых моделей сегментации используются количественные метрики, позволяющие сравнить результаты автоматической сегментации с эталонной разметкой.

Заключение. В работе предложена методика формирования обучающего набора данных для сегментации структур среднего и внутреннего уха на КТ-изображениях. Рассмотрены особенности медицинских изображений височной кости и основные этапы подготовки данных, включая сбор томографических исследований, разметку анатомических структур и формирование обучающей выборки.

Предложенный подход позволяет создать структурированный набор медицинских данных, пригодный для разработки и обучения нейросетевых моделей сегментации. В дальнейшем планируется использование сформированного набора данных для разработки алгоритмов автоматической сегментации структур среднего и внутреннего уха на основе методов глубокого обучения.

Список литературы

1. Litjens G., Kooi T., Bejnordi B. et al. A survey on deep learning in medical image analysis // *Medical Image Analysis*. – 2017. – Vol. 42. – P. 60-88.
2. Shen D., Wu G., Suk H. Deep learning in medical image analysis // *Annual Review of Biomedical Engineering*. – 2017. – Vol. 19. – P. 221-248.
3. Swartz J. D., Harnsberger H. R. *Imaging of the Temporal Bone* // Thieme Medical Publishers. – 2019.
4. Maier A., Syben C., Lasser T., Riess C. A gentle introduction to deep learning in medical image processing // *Zeitschrift für Medizinische Physik*. – 2019. – Vol. 29(2). – P. 86-101.
5. Pham D. L., Xu C., Prince J. L. Current methods in medical image segmentation // *Annual Review of Biomedical Engineering*. – 2000. – Vol. 2. – P. 315-337.
6. Isensee F., Jaeger P. F., Kohl S. A. A., Petersen J., Maier-Hein K. H. nnU-Net: a self-configuring method for deep learning-based biomedical image segmentation // *Nature Methods*. – 2021. – Vol. 18. – P. 203-211.
7. Karimi D., Salcudean S. E. Reducing the Hausdorff distance in medical image segmentation with convolutional neural networks // *IEEE Transactions on Medical Imaging*. – 2020. – Vol. 39(2). – P. 499-513.
8. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. *Deep Learning* // MIT Press. – 2016.

UDC 611.91

METHOD FOR FORMING A TRAINING DATA SET FOR SEGMENTATION OF THE MIDDLE AND INTERNAL EAR STRUCTURES ON CT IMAGES

Druts E.V., Smolskaya T.S.

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics, Minsk, Republic of Belarus

Kamlach P.V. – Cand. of Sci., associate professor, associate professor of the department of ETT

Annotation. The paper discusses the methodology for creating a training dataset for developing a neural network model for segmenting anatomical structures of the middle and inner ear based on computed tomography data. It describes the features of CT images of the temporal bone that affect the segmentation process. The paper also covers the steps of preparing the initial tomographic data, manual labeling procedures, and creating a training dataset for subsequent training of deep learning models. The proposed approach allows for the creation of a structured dataset suitable for developing and training neural network algorithms for medical image segmentation.

Keywords: computed tomography, medical image segmentation, neural networks, medical data, temporal bone, middle ear, inner ear, training dataset.