

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626181>

Применение методов машинного обучения и обработки медицинских изображений в решении задачи обнаружения стенозов средней мозговой артерии по данным компьютерно-томографической ангиографии

М.В. Соломинов, Д.В. Пахомов, Т.А. Загрязкина

ООО «Гаммамед-Софт», Москва, Россия

АННОТАЦИЯ

Обоснование. Ишемический инсульт — одна из ведущих причин смертности как в России, так и во всём мире [1]. Одним из основных методов диагностики ишемического инсульта является компьютерная томографическая ангиография, позволяющая определить наличие стеноза или окклюзии церебральных артерий. Большая часть ишемических инсультов (51%) приходится на бассейн средней мозговой артерии [2], что обуславливает повышенный интерес к оценке кровотока именно в данной области головного мозга. Ручное определение стенозов отличается субъективностью оценки и требует значительных временных затрат. Автоматизация обнаружения сужений средней мозговой артерии является востребованной задачей анализа изображений компьютерной томографической ангиографии.

Цель — разработка алгоритма автоматического обнаружения стенозов в средней мозговой артерии на DICOM-изображениях компьютерной томографической ангиографии на основе применения искусственных нейронных сетей, алгоритмов оценки сосудистости и скелетонизации.

Материалы и методы. Были использованы 262 серии компьютерной томографической ангиографии пациентов Научно-исследовательского института скорой помощи имени Н.В. Склифосовского, из них 94 серии — со стенозом в M1/M2 сегменте средней мозговой артерии. Для обработки изображений применялась искусственная нейронная сеть с архитектурой архитектуры CFNet-M [3]. Реконструкция сосудистого дерева была основана на вычислении меры «сосудистости» (vesselness) [4] с последующей скелетонизацией выявленных структур.

Результаты. На первом этапе работы была обучена нейронная сеть для сегментации бассейна средней мозговой артерии: обучающий массив был сформирован с помощью шаблона MNI152 с применением аффинных преобразований и их последующей экспертной оценкой. При этом мера IoU (Intersection over Union) составила 0,81. Основным этапом являлась сегментация сосудистого дерева средней мозговой артерии на основе использования фильтра vesselness с последующей оценкой интенсивности вокселей и поиском связанного объекта с наибольшей длиной. Далее осуществлялось построение скелета средней мозговой артерии, то есть определение осевой линии сосуда с представлением получившегося скелета в виде графа, рёбрами которого являются сосуды, а вершинами точки их бифуркаций. Следующим этапом производился расчёт морфологических признаков (диаметр, площадь и периметр) в плоскости поперечного сечения для каждого сегмента (участка между точками бифуркации). На последнем этапе определялась область сужения на основе анализа поведения сечений сегментов с нахождением отклонения от порогового значения. Общая точность алгоритма составила 79,39% (95% доверительный интервал 73,98–84,12), чувствительность — 80,85% (95% доверительный интервал 71,44–88,24), специфичность — 78,57% (95% доверительный интервал 71,59–84,52).

Заключение. Таким образом, был разработан алгоритм детекции стенозов в M1/M2 сегменте на основе сегментации бассейна средней мозговой артерии, оценки vesselness и скелетонизации сосудистого дерева. Применение разработанного алгоритма на практике, после его валидации и клинической апробации, позволит упростить рутинную оценку изображений компьютерной томографической ангиографии врачами-рентгенологами и даст возможность получения объективной оценки области стеноза.

Ключевые слова: нейронная сеть; компьютерная томографическая ангиография; средняя мозговая артерия; стеноз; окклюзия; ишемический инсульт.

Как цитировать:

Соломинов М.В., Пахомов Д.В., Загрязкина Т.А. Применение методов машинного обучения и обработки медицинских изображений в решении задачи обнаружения стенозов средней мозговой артерии по данным компьютерно-томографической ангиографии // Digital Diagnostics. Т. 5, № S1. С. 50–52. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626181>

Received: 28.01.2024

Accepted: 13.02.2024

Published online: 30.06.2024

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019 // *The Lancet Neurology*. 2021. Vol. 20, N 10. P. 795–820. doi: 10.1016/S1474-4422(21)00252-0
2. Ng Y.S., Stein J., Ning M., Black-Schaffer R.M. Comparison of clinical characteristics and functional outcomes of ischemic stroke in different vascular territories // *Stroke*. 2007. Vol. 38, N 8. P. 2309–2314. doi: 10.1161/STROKEAHA.106.475483
3. Lou A., Guan S., Loew M.. CFPNet-M: A light-weight encoder-decoder based network for multimodal biomedical image real-time segmentation // *Comput Biol Med*. 2023. Vol. 154. P. 106579. doi: 10.1016/j.combiomed.2023.106579
4. Jerman T., Pernus F., Likar B., Spiclin Z. Enhancement of Vascular Structures in 3D and 2D Angiographic Images // *IEEE Trans Med Imaging*. 2016. Vol. 35, N 9. P. 2107–2118. doi: 10.1109/TMI.2016.2550102

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626181>

Application of machine learning methods and medical image processing in solving the problem of detecting stenoses of the middle cerebral artery according to computed tomographic angiography data

Maksim V. Solominov, Denis V. Pakhomov, Tatiana A. Zagriazkina

Gammamed-Soft LLC, Moscow, Russia

ABSTRACT

BACKGROUND: Ischemic stroke is a significant contributor to mortality rates in Russia and globally [1]. Computed tomographic angiography is a primary diagnostic tool for ischemic stroke, enabling the identification of stenosis or occlusion in cerebral arteries. The majority of ischemic strokes (51%) occur in the middle cerebral artery region [2], underscoring the growing interest in evaluating blood flow in this area of the brain. The manual detection of stenoses is characterised by subjective evaluation and requires a considerable amount of time. The automation of middle cerebral artery narrowing detection represents a significant challenge in computed tomographic angiography image analysis.

AIM: The study aims to develop an algorithm for the automatic detection of stenoses in the middle cerebral artery on DICOM images of computed tomographic angiography based on the application of artificial neural networks, vascularity assessment and skeletonization algorithms.

MATERIALS AND METHODS: A total of 262 computed tomographic angiography series from patients at the N.V. Sklifosovsky Emergency Medical Research Institute were analyzed. Of these, 94 series exhibited stenosis in the M1/M2 segment of the middle cerebral artery. The image processing was conducted using an artificial neural network with a CFPNet-M architecture [3]. The reconstruction of the vascular tree was based on the calculation of the "vesselness" measure [4] with subsequent skeletonization of the identified structures.

RESULTS: In the initial stage, a neural network for the segmentation of the middle cerebral artery basin was trained. The training array was generated using the MNI152 template with affine transformations and subsequent expert evaluation. In this case, the IoU (Intersection over Union) measure was 0.81. The primary objective was the segmentation of the middle cerebral artery vascular tree, which was achieved through the use of the vesselness filter, followed by an evaluation of voxel intensities and the identification of the connected object with the longest length. The next stage involved the construction of the skeleton of the middle cerebral artery. This entailed determining the centerline of the vessel and representing the resulting skeleton as a graph with the vessels as edges and their bifurcation points as vertices. The subsequent stage was the calculation of morphological features (diameter, area, and perimeter) in the cross-sectional plane for each segment (the area between the bifurcation points). Finally, the area of constriction was determined based on the analysis of the behavior of the segment cross-sections and the identification of any deviation from the threshold value. The overall accuracy of the algorithm was 79.39% (95% confidence interval 73.98–84.12), with a sensitivity of 80.85% (95% confidence interval 71.44–88.24) and a specificity of 78.57% (95% confidence interval 71.59–84.52).

CONCLUSIONS: Thus, we developed an algorithm for the detection of stenoses in the M1/M2 segment based on the segmentation of the middle cerebral artery basin, the assessment of vesselness, and the skeletonization of the vascular tree. The application of the developed algorithm in practice, after its validation and clinical approval, will simplify the routine evaluation of computed tomographic angiography images by radiologists and provide an opportunity to obtain an objective assessment of the stenosis area.

Keywords: neural network; computed tomography angiography; middle cerebral artery; stenosis; occlusion; ischemic stroke.

To cite this article:

Solominov MV, Pakhomov DV, Zagriazkina TA. Application of machine learning methods and medical image processing in solving the problem of detecting stenoses of the middle cerebral artery according to computed tomographic angiography data. *Digital Diagnostics*. 2024;5(S1):50–52. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD626181>

REFERENCES

1. GBD 2019 Stroke Collaborators. Global, regional, and national burden of stroke and its risk factors, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *The Lancet Neurology*. 2021;20(10):795–820. doi: 10.1016/S1474-4422(21)00252-0
2. Ng YS, Stein J, Ning M, Black-Schaffer RM. Comparison of clinical characteristics and functional outcomes of ischemic stroke in different vascular territories. *Stroke*. 2007;38(8):2309–2314. doi: 10.1161/STROKEAHA.106.475483
3. Lou A, Guan S, Loew M. CFPNet-M: A light-weight encoder-decoder based network for multimodal biomedical image real-time segmentation. *Comput Biol Med*. 2023;154:106579. doi: 10.1016/j.compbiomed.2023.106579
4. Jerman T, Pernus F, Likar B, Spiclin Z. Enhancement of Vascular Structures in 3D and 2D Angiographic Images. *IEEE Trans Med Imaging*. 2016;35(9):2107–2118. doi: 10.1109/TMI.2016.2550102

ОБ АВТОРАХ

* **Соломинов Максим Владимирович;**

ORCID: 0009-0007-6590-8748;

e-mail: msolominov@yandex.ru

Пахомов Денис Владимирович;

ORCID: 0009-0009-0122-8887;

e-mail: pakhomovdv0@gmail.com

Загряжкина Татьяна Александровна;

ORCID: 0009-0003-7620-0535;

eLibrary SPIN: 8840-2625;

e-mail: zagrtatyana@gmail.com

AUTHORS' INFO

* **Maksim V. Solominov;**

ORCID: 0009-0007-6590-8748;

e-mail: msolominov@yandex.ru

Denis V. Pakhomov;

ORCID: 0009-0009-0122-8887;

e-mail: pakhomovdv0@gmail.com

Tatiana A. Zagriazkina;

ORCID: 0009-0003-7620-0535;

eLibrary SPIN: 8840-2625;

e-mail: zagrtatyana@gmail.com

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author