

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD430372>

# Программный модуль для диагностики опухолей головного мозга на МРТ-изображениях

Б.Н. Тучинов<sup>1</sup>, А.Ю. Летягин<sup>1, 2</sup>, Е.В. Амелина<sup>1</sup>, М.Е. Амелин<sup>3</sup>,  
Е.Н. Павловский<sup>1</sup>, С.К. Голушко<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Российская Федерация

<sup>2</sup> Научно-исследовательский институт клинической и экспериментальной лимфологии — филиал Федерального исследовательского центра «Институт цитологии и генетики Сибирского отделения Российской академии наук», Новосибирск, Российская Федерация

<sup>3</sup> Федеральный центр нейрохирургии, Новосибирск, Российская Федерация

## АННОТАЦИЯ

**Обоснование:** основной причиной для разработки и внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в нейроонкологии является широкая распространённость опухолей головного мозга — до 200 случаев на 100 тыс. населения. Частота встречаемости первичного очага в головном мозге — 5–10%, но у 60–70% умерших от злокачественных новообразований обнаруживаются метастазы в головном мозге. Магнитно-резонансная томография (МРТ) — наиболее распространённый метод первичной неинвазивной диагностики опухолей головного мозга и контроля динамики заболевания. Одними из самых сложных задач в этой области являются классификация типов опухолей и определение клинических параметров (размер и объём) для проведения, диагностики и лечебных процедур, в том числе операции.

**Цель:** разработать программный модуль для дифференциальной диагностики новообразований головного мозга на МРТ-изображениях.

**Методы:** программный модуль основан на разработанном наборе данных — Siberian Brain Tumor Dataset (SBT), в котором содержится информация о более 1000 пациентов нейрохирургического профиля с полностью верифицированными постоперационными диагнозами (гистологически и иммуногистохимически). Источником данных для исследований и разработки является Федеральный центр нейрохирургии (г. Новосибирск). В основе лежат двух- и трёхмерные модели компьютерного зрения с предварительной обработкой данных МРТ-последовательности, включённые в пакеты: предконтрастное T1-взвешенное изображение, постконтрастное T1-взвешенное изображение, T2-взвешенное изображение, T2-взвешенные изображения с технологией инверсии-восстановления с ослаблением сигнала от жидкости. Данные модели позволяют с высокой точностью обнаруживать и распознавать 4 типа новообразований: менигиома, невринома, глиобластома и астроцитома, а также сегментировать и выделять компоненты и размеры: ET (часть опухоли, поглощающая Gd-содержащий контраст); TC (tumor core — ядро опухоли) = ET + Necr (некроз) + NenTu; WT (whole tumor — опухоль целиком) = TC + Ed (перитуморальный отёк).

**Результаты:** разработанный программный модуль демонстрирует высокие результаты сегментации на SBT по метрике Dice для областей ET 0,846; TC 0,867; WT 0,9174; Sens 0,881 и Spec 1,000. Проведена апробация и проверка на международном конкурсе BraTS Challenge 2021. На тестовом наборе данных получены значения DiceET 0,86588; DiceTC 0,86932 и DiceWT 0,921, что позволило разработанному программному модулю войти в десятку лидеров. По классификации полученные результаты демонстрируют не только высокие показатели точности до 92% при анализе пациентов (и до 89% при анализе срезов), но и очень высокий потенциал, а также перспективу для будущих исследований в этой области.

**Заключение:** разработанный программный модуль может быть использован для обучения специалистов и в клинической диагностике.

**Ключевые слова:** МРТ; нейроонкология; компьютерное зрение; сегментация опухоли; классификация опухолей головного мозга.

## КАК ЦИТИРОВАТЬ

Тучинов Б.Н., Летягин А.Ю., Амелина Е.В., Амелин М.Е., Павловский Е.Н., Голушко С.К. Программный модуль для диагностики опухолей головного мозга на МРТ-изображениях // *Digital Diagnostics*. 2023. Т. 4, № 1 Supplement. С. 138–140. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD430372>

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Амелина Е.В., Лetyагин А.Ю., Тучинов Б.Н., и др. Особенности создания базы данных нейроонкологических 3D MPT-изображений для обучения искусственного интеллекта // Сибирский научный медицинский журнал. 2022. Т. 42, № 6. С. 51–59. doi: 10.18699/SSMJ20220606
2. Pnev S., Groza V., Tuchinov B., et al. Multi-Class Brain Tumor Segmentation via 3d and 2d Neural Networks. In: 2022 IEEE 19th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI). IEEE, 2022. P. 1–5.
3. Sao Khue L.M., Pavlovskiy E. Binary Brain Tumor Classification With Semantic Features Using Convolutional Neural Network. In: 2022 Ural-Siberian Conference on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBEREIT). IEEE, 2022. P. 044–047.
4. Pnev S., Groza V., Tuchinov B., et al. Brain Tumor Segmentation with Self-supervised Enhance Region Post-processing. In: Brainlesion: Glioma, Multiple Sclerosis, Stroke and Traumatic Brain Injuries: 7th International Workshop, BrainLes 2021, Held in Conjunction with MICCAI 2021, Virtual Event, Sep 27, 2021, Revised Selected Papers, Part II. Cham : Springer International Publishing, 2022. P. 267–275.
5. Menze B.H., Jakab A., Bauer S., et al. The multimodal brain tumor image segmentation benchmark (BRATS) // IEEE Trans Med Imaging. 2015. Vol. 34, N 10. P. 1993–2024. doi: 10.1109/TMI.2014.2377694
6. Bakas S., Akbari H., Sotiras A., et al. Advancing the cancer genome atlas glioma MRI collections with expert segmentation labels and radiomic features // Sci Data. 2017. Vol. 4. P. 170117. doi: 10.1038/sdata.2017.117
7. Baid U., Ghodasara S., Mohan S., et al. The RSNA-ASNR-MICCAI BraTS 2021 Benchmark on Brain tumor segmentation and radiogenomic classification // Computer Vision and Pattern Recognition. 2021. P. 2107.02314. doi: 10.48550/arXiv.2107.02314
8. Louis D.N., Perry A., Wesseling P., et al. The 2021 WHO classification of tumors of the central nervous system: a summary // Neuro Oncol. 2021. Vol. 23, N 8. P. 1231–1251. doi: 10.1093/neuonc/noab106

DOI: <https://doi.org/10.17816/DD430372>

## Software for brain tumor diagnosis on magnetic resonance imaging

Bair N. Tuchinov<sup>1</sup>, Andrey Yu. Letyagin<sup>1,2</sup>, Evgeniya V. Amelina<sup>1</sup>, Mihail E. Amelin<sup>3</sup>, Evgeniy N. Pavlovskiy<sup>1</sup>, Sergey K. Golushko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation

<sup>2</sup> Research Institute of Clinical and Experimental Lymphology — Branch of the Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation

<sup>3</sup> Federal Neurosurgical Center, Novosibirsk, Russian Federation

### ABSTRACT

**BACKGROUND:** The main reason for the development and implementation of artificial intelligence (AI) technologies in neuro-oncology is the high prevalence of brain tumors reaching up to 200 cases per 100,000 population. The incidence of a primary focus in the brain is 5%–10%; however, 60%–70% of those who die from malignant neoplasms have metastases in the brain. Magnetic resonance imaging (MRI) is the most common method for primary non-invasive diagnosis of brain tumors and monitoring disease progression. One of the challenges is the classification of tumor types and determination of clinical parameters (size and volume) for the conduct, diagnosis, and treatment procedures, including surgery.

**AIM:** To develop a software module for the differential diagnosis of brain neoplasms on MRI images.

**METHODS:** The software module is based on the developed Siberian Brain Tumor Dataset (SBT), which contains information on over 1000 neurosurgical patients with fully verified (histologically and immunohistochemically) postoperative diagnoses. The data for research and development was presented by the Federal Neurosurgical Center (Novosibirsk). The module uses two- and three-dimensional computer vision models with pre-processed MRI sequence data included in the following packages: pre-contrast T1-weighted image (WI), post-contrast T1-WI, T2-WI, and T2-WI with fluid-attenuated inversion-recovery technique. The models allow to detect and recognize with high accuracy 4 types of neoplasms, such as meningioma, neurinoma, glioblastoma, and astrocytoma, and segment and distinguish components and sizes: ET (tumor core absorbing Gd-containing contrast), TC (tumor core) = ET + Necr (necrosis) + NenTu, and WT (whole tumor) = TC + Ed (peritumoral edema).

**RESULTS:** The developed software module shows high segmentation results on SBT by Dice metric for ET 0.846, TC 0.867, WT 0.9174, Sens 0.881, and Spec 1.000 areas. The testing and validation were done at the international BraTS Challenge

Received: 15.05.2023

Accepted: 05.06.2023

Published Online: 10.07.2023

2021 competition. The test dataset yielded DiceET 0.86588, DiceTC 0.86932, and DiceWT 0.921 values, placing the developed software module in the top ten. According to the classification, the results demonstrate high accuracy rates of up to 92% in patient analysis (up to 89% in slice analysis), a very high potential, and a perspective for future research in this area.

**CONCLUSIONS:** The developed software module may be used for training specialists and in clinical diagnostics.

**Keywords:** MRI; neuro-oncology; computer vision; tumor segmentation; classification of brain tumors.

## FOR CITATION

Tuchinov BN, Letyagin AYu, Amelina EV, Amelin ME, Pavlovskiy EN, Golushko SK. Software for brain tumor diagnosis on magnetic resonance imaging. *Digital Diagnostics*. 2023;4(1S):138–140. DOI: <https://doi.org/10.17816/DD430372>

## REFERENCES

- Amelina EV, Letyagin AYu, Tuchinov BN, et al. Specific features of designing a database for neuro-oncological 3D MRI images to be used in training artificial intelligence. *Sibirskii nauchnyi meditsinskii zhurnal*. 2022;42(6):51–59. (In Russ). doi: 10.18699/SSMJ20220606
- Pnev S, Groza V, Tuchinov B, et al. Multi-Class Brain Tumor Segmentation via 3d and 2d Neural Networks. In: *2022 IEEE 19th International Symposium on Biomedical Imaging (ISBI)*. IEEE; 2022. P. 1–5.
- Sao Khue LM, Pavlovskiy E. Binary Brain Tumor Classification With Semantic Features Using Convolutional Neural Network. In: *2022 Ural-Siberian Conference on Biomedical Engineering, Radioelectronics and Information Technology (USBREIT)*. IEEE; 2022. P. 044–047.
- Pnev S, Groza V, Tuchinov B, et al. Brain Tumor Segmentation with Self-supervised Enhance Region Post-processing. In: *Brainlesion: Glioma, Multiple Sclerosis, Stroke and Traumatic Brain Injuries: 7th International Workshop, BrainLes 2021, Held in Conjunction with MICCAI 2021, Virtual Event, Sep 27, 2021, Revised Selected Papers, Part II*. Cham: Springer International Publishing; 2022. P. 267–275.
- Menze BH, Jakab A, Bauer S, et al. The multimodal brain tumor image segmentation benchmark (BRATS). *IEEE Trans Med Imaging*. 2015;34(10):1993–2024. doi: 10.1109/TMI.2014.2377694
- Bakas S, Akbari H, Sotiras A, et al. Advancing the cancer genome atlas glioma MRI collections with expert segmentation labels and radiomic features. *Sci Data*. 2017;4:170117. doi: 10.1038/sdata.2017.117
- Baid U, Ghodasara S, Mohan S, et al. The RSNA-ASNR-MICCAI BraTS 2021 Benchmark on Brain tumor segmentation and radiogenomic classification. *Computer Vision and Pattern Recognition*. 2021:2107.02314. doi: 10.48550/arXiv.2107.02314
- Louis DN, Perry A, Wesseling P, et al. The 2021 WHO classification of tumors of the central nervous system: a summary. *Neuro Oncol*. 2021;23(8):1231–1251. doi: 10.1093/neuonc/noab106

## ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

\* **Тучинов Баир Николаевич;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8931-9848>;  
eLibrary SPIN: 2224-5343; e-mail: bairt@nsu.ru

**Летягин Андрей Юрьевич;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9293-4083>;  
eLibrary SPIN: 5660-5059; e-mail: letyagin-andrey@yandex.ru

**Амелина Евгения Валерьевна;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7537-3846>;  
eLibrary SPIN: 8814-0913; e-mail: amelina.evgenia@gmail.com

**Амелин Михаил Евгеньевич;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5933-6479>;  
eLibrary SPIN: 7657-9571; e-mail: amelin81@gmail.com

**Павловский Евгений Николаевич;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6976-1885>;  
eLibrary SPIN: 8995-9543; e-mail: pavlovskiy@post.nsu.ru

**Голушко Сергей Кузьмич;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0207-7648>;  
eLibrary SPIN: 8826-8439; e-mail: s.k.golushko@gmail.com

## AUTHORS' INFO

\* **Bair N. Tuchinov;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8931-9848>;  
eLibrary SPIN: 2224-5343; e-mail: bairt@nsu.ru

**Andrey Yu. Letyagin;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9293-4083>;  
eLibrary SPIN: 5660-5059; e-mail: letyagin-andrey@yandex.ru

**Evgeniya V. Amelina;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7537-3846>;  
eLibrary SPIN: 8814-0913; e-mail: amelina.evgenia@gmail.com

**Mihail E. Amelin;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5933-6479>;  
eLibrary SPIN: 7657-9571; e-mail: amelin81@gmail.com

**Evgeniy N. Pavlovskiy;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6976-1885>;  
eLibrary SPIN: 8995-9543; e-mail: pavlovskiy@post.nsu.ru

**Sergey K. Golushko;**

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0207-7648>;  
eLibrary SPIN: 8826-8439; e-mail: s.k.golushko@gmail.com

\* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author