

РАСПОЗНАВАНИЕ СНИМКОВ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ

RECOGNITION OF MAGNETIC RESONANCE IMAGES USING INTELLIGENT SYSTEMS

**Z. Akhmedova
A. Gadzhiev
Z. Medzhidov
M. Gadzhiev**

Summary. Currently, the creation of tools and intelligent platforms for the use of resting-state functional magnetic resonance imaging (fMRI) in surgery is a relevant area of research. These tools can significantly improve the accuracy and efficiency of surgical planning, reduce resource costs, and improve clinical practice. Examples of such developments are computer vision systems for automatic image segmentation, neural network models for pathology classification and generative models for synthesizing new data. The use of these technologies in medicine has great potential for improving the quality of life of patients and increasing the efficiency of healthcare. The purpose of the work is to study modern information technologies using artificial intelligence systems for recognizing magnetic resonance imaging of the brain. The results of the work include the developed intelligent program, as well as a comparative analysis of decoding images of magnetic resonance imaging of the brain.

Keywords: image recognition, functional magnetic resonance imaging of the brain, intelligent systems, neural networks, image segmentation, computer vision.

Введение

Современные информационные технологии с применением систем искусственного интеллекта решают множество прикладных задач практически во всех сферах жизнедеятельности человека, в том числе и в медицине. Распознавание изображений рентге-

Ахмедова Зухра Халипаевна
кандидат физико-математических наук, доцент,
заведующая кафедрой, ФГБОУ ВО «Дагестанский
государственный университет»
zuhra2473@mail.ru

Гаджиев Амир Маликович
кандидат физико-математических наук, доцент, ФГБОУ
ВО «Дагестанский государственный университет»
amgadzhiev@mail.ru

Меджидов Заур Уруджалиевич
кандидат экономических наук, доцент,
ГАОУ ВО «Дагестанский государственный университет
народного хозяйства»
zaur-medzhidov@mail.ru

Гаджиев Малик Амирович
магистрант, ФГБОУ ВО «Дагестанский
государственный технический университет»
predator.steam@mail.ru

Аннотация. В настоящее время создание инструментов и интеллектуальных платформ для применения функциональной магнитно-резонансной томографии состояния покоя (фМРТп) в хирургии является актуальным направлением исследований. Эти инструменты могут значительно повысить точность и эффективность планирования операций, снизить затраты ресурсов и улучшить клиническую практику. Примерами таких разработок являются системы компьютерного зрения для автоматического сегментирования изображений, нейросетевые модели для классификации патологий и генеративные модели для синтеза новых данных. Применение этих технологий в медицине имеет огромный потенциал для улучшения качества жизни пациентов и повышения эффективности здравоохранения. Цель работы — исследовать современные информационные технологии с применением систем искусственного интеллекта для распознавания снимков магнитно-резонансной томографии головного мозга. К результатам работы следует отнести разработанную интеллектуальную программу, а также сравнительный анализ по расшифровке изображений магнитно-резонансной томографии головного мозга.

Ключевые слова: распознавание изображений, функциональная магнитно-резонансная томография головного мозга, интеллектуальные системы, нейронные сети, сегментация снимков, компьютерное зрение.

новских снимков, изображений магнитно-резонансной томографии (МРТ) формата DICOM, анализ данных ультразвукового исследования посредством интеллектуальных систем представляет неоценимую помощь специалистам медикам в решении своих задач.

Так же помощь в этом направлении оказывают онлайн сервисы, доступ к которым можно получить по гло-

бальной сети. Такие онлайн-платформы предоставляют специалистам-медикам большой спектр услуг, который включает не только количественный и качественный анализ полученных изображений, но и возможность обсудить с экспертами в этой области полученных результатов, доступ к базе данных ранее проводимых исследований и т.д. Web-платформы или доступ к ним могут себе позволить лишь крупные научно-исследовательские, медицинские центры. Большим подспорьем специалистам-медикам в расшифровке изображений магнитно-резонансной томографии головного мозга было бы иметь небольшую, но вполне доступную интеллектуальную программу, хотя бы на начальном этапе исследования.

В частности, исследование изображений, полученных путем функциональной МРТ, принцип которой основан на парамагнитных свойствах гемоглобина, с различным содержанием присоединённого кислорода, позволяет определить кровообращение, активность головного мозга человека и другие параметры, по которым можно судить о состоянии пациента, правильно поставить диагноз. Функциональная МРТ (фМРТ) позволяет проводить исследования с целью диагностики тяжелых заболеваний мозга человека на различных стадиях. Последние исследования в области нейровизуализации позволяют с достаточно высокой точностью (72 %–90 %) установить взаимосвязь изображений фМРТ человеческого мозга с тем, что испытуемый видит перед собой [1]. Существуют множество методов, используемых в нейровизуализации с целью получения изображений МРТ для дальнейшей диагностики различных заболеваний [2–4].

Распознавание подобных изображений осуществляется специалистами-медиками, которые используют знания, накопленный опыт, а также возможности интеллектуальных программ. Ведущие клиники владеют подобными сервисами, а также предоставляют специалистам-медикам определенный перечень услуг связанных с распознаванием снимков МРТ формата DICOM и установления диагноза [5]. Но большинство подобных учреждений не в состоянии предоставить и программное обеспечение и базы данных для исследования изображений МРТ с целью обобщения накопленного материала в области нейровизуализации. Поэтому актуальным является создание интеллектуальной системы способной распознавать изображения МРТ, с целью исследования и установления правильного диагноза.

Материалы и методы исследования

Компьютерный анализ и расшифровка изображений полученных путем МРТ является важной прикладной задачей в исследовании изображений головного мозга человека. На сегодняшний день существует множество методик, позволяющих специалистам медикам оценить

состояние пациента по соответствующим МРТ головного мозга. Посильную помощь в этой работе оказывают экспертные и интеллектуальные программы позволяющие анализировать и расшифровать подобные изображения на наличие всевозможных изменений и отклонений.

Магнитно-резонансная томография, основанная на явления ядерного магнитного резонатора с последующим откликом ядер атомов водорода в тканях человеческого организма уже более полувека, используется для диагностики внутренних органов [7]. За это время накоплен большой опыт работы и разработано множество методов, позволяющих изучить структуру внутренних органов по соответствующим изображениям МРТ. Особый интерес представляют методы диагностики по МРТ изображениям головного мозга человека.

МРТ снимок формата DICOM представляет собой карту электромагнитных сигналов, полученных от различных областей человеческого мозга. Основные составляющие таких сигналов являются амплитуда, частота и фаза, которые выделяются в базовые соотношения сигнал/шум и контраст/шум. Среди наиболее распространенных и перспективных методик можно выделить диффузионно-тензорную МРТ [8]. Молекула воды в пространстве определяется величиной и направлением, которые представляют тензор диффузии. В зависимости от неоднозначности свойств среды, данный метод позволяет получить значения от 0 до 1 в условиях соответственно изотропной и абсолютно анизотропной диффузии. МРТ снимки представляют собой черно белую карту с градацией серых оттенков.

Новым способом визуализации МРТ является метод изображений, взвешенных по магнитной восприимчивости (SWI) [9]. Полученные данным путем изображения содержат информацию о веществе, магнитная восприимчивость которого будет отличаться. Данный способ позволяет специалистам-медикам получать информацию о большом количестве заболеваний.

Функциональный метод МРТ позволяет не только определить структуру вещества головного мозга, но и функционирование его отдельных зон [10]. Этот способ, в основу которого заложено отклик сигналов гемоглобина, насыщенного кислородом, позволяет определять активные зоны по кровотоку, которым снабжаются нейронные связи. Данный метод, в отличие от других позволяет изучить функционирование головного мозга, его отдельных зон при выполнении заданий: двигательных, речевых, зрительных, когнитивных. Поэтому представляет большой интерес создание компьютерных интеллектуальных систем, способных распознавать, обрабатывать и анализировать информацию с фМРТ изображений.

Для создания систем искусственного интеллекта (ИИ), позволяющих распознавать изображения, в том числе и снимки МРТ формата DICOM используются разнообразные математические алгоритмы, как деревья решений, методы опорных векторов, Марковские цепи и т.д. [11]. Но наиболее удачные реализации систем ИИ базируются на применении нейронных сетей глубокого машинного обучения. Применение подобных систем в распознавании МРТ снимков, позволяют выявить и диагностировать различные заболевания. Так в работе [12] показан пример созданной интеллектуальной системы способной выявлять болезнь Альцгеймера на различных стадиях. В работе [13] описывается создание и применение программы, позволяющей выявлять и сегментировать участки головного мозга при рассеянном склерозе, где точность выявления аномалий составляла 87 %. Подобный список примеров использования систем ИИ на основе искусственной нейронной сети в медицине можно было бы продолжать долго, но хочется отдельно отметить работу [15] в которой рассматривается проблема пополнения базы данных, которые используются для глубокого обучения подобных систем ИИ. Создание и доступ к подобным базам дал бы широкие возможности создателям, в плане глубокого обучения интеллектуальных систем по распознаванию снимков.

Процесс распознавания представляет собой классификацию, т.е. сопоставление и занесение объекта на изображение в некоторый класс.

Искусственная нейронная сеть — являет собой некую структуру взаимосвязанных математических процессов, реализующих вычисления. Одно из достоинств нейронной сети как системы ИИ — это возможность обучения. Процесс обучения представляет собой в подборе коэффициентов связей между отдельными элементами сети, при которых зависимость между входными и выходными сигналами составляли бы определенную зависимость. Для получения положительных результатов при работе нейронной сети, необходимо обучение проводить с большим количеством образов. Но, кроме этого, сама нейронная сеть должна иметь многослойную структуру, позволяющую применение глубокого обучения. Задача классификации опухолей была решена в работе [15] на основе пред обученной сети Xception [16].

Результаты

Для создания нейронной сети позволяющей распознавать МРТ снимки головного мозга была использована вычислительная среда MATLAB, которая помимо того, что содержит множество полезных интеллектуальных функций, способна создавать приложения, самостоятельно функционирующих на компьютере.

MATLAB представляет совокупность прикладных программ с различными функциональными возможно-

стями. Имеет множество встроенных, функций и, благодаря организации данных, идеально подходит для обработки матриц, в том числе и изображений. В работе использовался известный метод опорных векторов (SVM), который позволяет сегментировать изображения путем сопоставления отдельных областей. Данный метод машинного обучения относится к методам обучения с учителем. Обучение нейронной сети проводилось на готовых алгоритмах классификации путем создания обучающих выборок. Тренировочные дата сеты были задействованы с интернет-ресурса [17]. Они сохранялись в отдельном файле в виде многомерной матрицы с заранее предустановленными числовыми значениями, которым соответствуют ранее исследованные изображения выборок, которые предстали собой черно-белые 8-битные изображения. Последовательность действий была следующая: загрузка изображений, предварительная обработка, создание тренировочного пакета, обучение нейронной сети, вычисление параметров точности и статистических показателей. Обучающая выборка, созданная с помощью специализированного редактора MATLAB, которая подгружалась в процессе работы системы, содержала информацию в виде МРТ снимков формата DICOM различных типов опухолей.

После загрузки, анализа и исследования испытуемого МРТ снимка система выдает важные показатели, по которым можно судить о точности распознавания. Это параметры линейной, квадратичной и полигональной точности. На всех испытаниях линейная точность всегда выше квадратичной и полигональной, что свидетельствует об отсутствии грубых ошибок в процессе классификации.

Основным результатом работы системы является определение типа опухоли. Испытания показали точность распознавания — 97 %, что свидетельствует о правильном выборе методик классификации.

Обсуждение

Помимо главных показателей, по которым выдается основной результат — классификация и качество проведенного анализа, система генерирует статистические данные исследования снимков МРТ. Эти показатели позволяют оценить качество распознавания и возможные погрешности, которые подлежат обсуждению.

В частности, такой показатель как стандартное отклонение представляет собой оценка среднеквадратического отклонения математического ожидания. В качестве исследуемых данных рассматривается значение яркости пикселей МРТ-снимка формата DICOM. Вычисление производилось на пересекающихся областях снимка, которые предварительно делили изображение, и в каждой области находилось значение стандартного

отклонения, по которым формировался вектор признаков. Полученные значения при испытаниях показали незначительные изменения.

Распознавание паталогических изменений нейронной сетью осуществлялось по принципу схожести в [19], где в качестве функции активации последнего слоя использовалась сигмоида Ферми. Поэтому важно было знать значение функции потерь — бинарной кросс-энтропии. Энтропия вычислялась, как отношение суммы значений класса изображений к количеству выборов.

Обязательным условием при распознавании изображений является применение механизма сглаживания с целью подавления возможных шумов на изображении. Для этих целей в работе использовался фильтр размытия Гаусса. После распознавания программой выдавалось значение, которое соответствовало разности между низкочастотным и высокочастотным фильтрами Гаусса.

Коэффициент корреляции Пирсона использовался для проверки статистической гипотезы значимости силы корреляционных связей при определении схожести объектов на изображении. При распознавании и определении типа опухоли программа выдавала значение корреляции близкой значению 1, что свидетельствовало о точности распознавании.

Важными показателями при распознавании МРТ-снимков мозга человека являются асимметричность, однородность и контраст. В программе данные показатели рассчитывались по предложенным в работе методам. Показатель асимметричности показывал степень межполушарной асимметрии мозга на испытуемых МРТ снимках, который является очень важным в вопросах, связанных с деятельностью мозга. Значения данного параметра необходимо в использовании применительно к исследованию фМРТ снимков. Показатели однородности и контраста показывает значение расхождения уровня относительной яркости пикселей в исследуемой области снимка МРТ. По полученным значениям этих показателей можно судить о возможных структурных изменениях исследуемых областей мозга, которые не всегда могут адекватно восприниматься специалистами-медиками на МРТ снимках.

Выводы

Исследование головного мозга человека полученных с помощью МРТ-снимков сегодня бурно развивается,

имеется достаточно большое количество работ, посвященных этой тематике. В них рассматриваются и вопросы связанные с принципами проведения МРТ, анализом полученных изображением, а также применением систем искусственного интеллекта для расшифровки полученных результатов.

В данной работе были рассмотрены принципы создания МРТ-изображений, их качественные различия и перспективы использования полученных изображений для дальнейшего анализа и постановки диагноза. Изучены подходы применения систем искусственного интеллекта для анализа и распознавания МРТ-снимков. На основе искусственной нейронной сети, а также с помощью вычислительного пакета MATLAB было создано программное обеспечение, позволяющее расшифровать МРТ-снимки формата DICOM с целью установления и выделения областей мозга человека на наличие опухолей и установления их типа.

Созданная система решает ряд практических задач:

- 1) Распознавание и сегментация областей на МРТ-изображениях;
- 2) Расчет показателей точности, по которым можно судить о качестве проведенной классификации;
- 3) Вычисление количественных значений статистического характера, которые так же характеризуют качество процесса распознавания изображений;
- 4) Проведение общего качественного анализа, с выдачей результатов и рекомендаций для специалистов-медиков.

Применение подобных интеллектуальных систем позволяет решить ряд практических вопросов, таких как помощь при постановке диагноза, исключение ошибок, связанных с человеческим фактором, количественные характеристики исследуемых областей. Дальнейшее развитие систем искусственного интеллекта для распознавания МРТ-изображений имеет и качественные перспективы. В частности, технология исследования фМРТ-изображений, основанная на функциональном анализе, позволит в будущем создание интерфейсов для людей с ограниченными возможностями, воспроизведение мысленных образов. Поэтому очень важным для развития нейровизуализации является адекватное распознавание изображений МРТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. B. Keim. Brain Scanner Can Tell What You're Looking At WiredNews (5 March 2008). <https://www.wired.com/2008/03/brain-scanner-can-tell-what-youre-looking-at/> (дата обращения: 22.01.2025)
2. Maratskaya N.V., Devyaltovskaya M.G., BuchelYu.Yu., Ulezko E.A. Methods of neuroisization in diagnosis of pathological changes in the children's brain. Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Medical series. 2017;(4):120–128.
3. Пирадов М.А., Танашян М.М., Кротенкова М.В., Брюхов В.В., Кремнева Е.И., Коновалов Р.Н. Передовые технологии нейровизуализации // *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2015. Т. 9. № 4. С. 11–18.
4. Хараузов А.К., Васильев П.П., Соколов А.В., Фокин В.А., Шелепин Ю.Е. Анализ изображений функциональной магнитно-резонансной томографии головного мозга человека в задачах распознавания текстур // *Оптический журнал*. 2018. Т. 85. № 8. С. 22–28.
5. НМИЦ ССХ им. А.Н. Бакулева. <https://bakulev.ru/patients/articles/pravila-podgotovki-k-issledovaniyam/magnitno-rezonansnaya-tomografiya-mrt-pravila-podgotovki-k-issledovaniyu/> (дата обращения: 18.01.2025)
6. Coenen V.A., Schlaepfer Th.E., Allert N., Mädler B. Diffusion Tensor Imaging and Neuromodulation: DTI as Key Technology for Deep Brain Stimulation. *International Review of Neurobiology*, 2012, Volume 107, Elsevier: 207–234.
7. Захарова Н.Е., Корниенко В.Н., Потапов А.А., Пронин И.Н. Нейровизуализация структурных и гемодинамических нарушений при травме мозга. М., 2013. 160 с.
8. Pasley B.N., Freeman R.D. Neurovascular coupling. *Scholarpedia*, 2008; 3 (3): 5340.
9. Гусев А.В., Добридюк С.Л. Искусственный интеллект в медицине и здравоохранении // *Информационное общество*. 2017. № 4–5. С. 78–93.
10. Koikkalainen J., Rhodius-Meester H., Tolonen A., Barkhof F., Tijms B., Lemstra A.W. et al. Differential diagnosis of neurodegenerative diseases using structural MRI data. *NeuroImageClin* 2016; 11: 435–49.
11. Bilello M., Arkuszewski M., Nucifora P., Nasrallah I., Melhem E.R., Cirillo L., Krejza J. Multiple sclerosis: identification of temporal changes in brain lesions with computer-assisted detection software. *Neuroradiol J*. 2013; 26 (2):143–50.
12. Tzallas A.T., Tsipouras M.G., Fotiadis D.I. Epileptic seizure detection in EEGs using time-frequency analysis. *IEEE Trans Inf Technol Biomed*. 2009; 13(5):703–710.
13. Мирошниченко А.С., Михелев В.М. Решение задачи классификации опухолей головного мозга на снимках МРТ / В сборнике: *Суперкомпьютерные дни в России. Труды международной конференции*. 2019. С. 227–228.
14. Нейронные сети — описание URL: <https://keras.io/applications/> (дата обращение 21.09.2024)
15. S. Chilamkurthy, R. Ghosh, S. Tanamala, M. Biviji, N.G. Campeau, V.K. Venugopal, V. Mahajan, P. Rao, P. Warier. Development and Validation of Deep Learning Algorithms for Detection of Critical Findings in Head CT scan. http://headctstudy.quire.ai/explore_data (дата обращение 25.01.2025)
16. Федотов Н.Г., Никифорова Т.В. Методы предварительной обработки изображений на основе trace-преобразования // *Математические методы распознавания образов*. 2003. Т. 11. № 1. С. 466–469.
17. Krizhevsky A., Sutskever I., Hinton G.E. ImageNet classification with deep convolutional neural networks. *Communications of the ACM* 2017; 60(6): 84–90.

© Ахмедова Зухра Халипаевна (zuhra2473@mail.ru); Гаджиев Амир Маликович (amgadzhiev@mail.ru);
Меджидов Заур Уруджалиевич (zaur-medzhidov@mail.ru); Гаджиев Малик Амирович (predator.steam@mail.ru)
Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»