

## Веб-приложение для диагностики опухолей головного мозга на основе сверточных нейронных сетей

М. Р. Киясов<sup>1</sup>, И. А. Пшенокова<sup>✉1,2</sup>

<sup>1</sup>Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова  
360004, Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173

<sup>2</sup>Институт информатики и проблем регионального управления –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук  
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

**Аннотация.** Актуальность работы обусловлена необходимостью разработки веб-приложения для диагностики опухолей головного мозга по данным МРТ, которое обеспечивает предобработку и стандартизацию входных изображений, высокоточное распознавание наличия и типа опухоли, предоставление результатов в удобной для врача форме, а также возможность масштабирования и дальнейшего совершенствования моделей по мере накопления новых данных.

**Цель исследования** – создание полнофункциональной веб-системы для медицинской диагностики с удобным интерфейсом.

**Методы исследования.** В качестве основных методов исследования применяются методы машинного обучения на основе сверточных нейронных сетей и технологии разработки программного обеспечения.

**Результаты.** В работе разработано веб-приложение для диагностики опухолей головного мозга на основе сверточных нейронных сетей. Для распознавания и классификации изображений МРТ использована модель MobileNet, а для семантической сегментации применена архитектура U-Net. Реализован frontend на React с TypeScript и backend на Python.

**Выводы.** Из проведенных тестов следует, что разработанное приложение демонстрирует высокую точность распознавания и сегментации опухолей, обеспечивая эффективность в задачах медицинской диагностики.

**Ключевые слова:** веб-приложение, диагностика опухолей мозга, глубокое обучение, сверточные нейронные сети, анализ изображений, искусственный интеллект, медицинские данные

Поступила 28.01.2026, одобрена после рецензирования 31.03.2026, принята к публикации 11.06.2026

**Для цитирования.** Киясов М. Р., Пшенокова И. А. Веб-приложение для диагностики опухолей головного мозга на основе сверточных нейронных сетей // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2026. Т. 28. № 3. С. 71–83. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-3-71-83

## Web application for brain tumor diagnosis based on convolutional neural networks

M.R. Kiyasov<sup>1</sup>, I.A. Pshenokova<sup>✉1,2</sup>

<sup>1</sup>Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov  
173, Chernyshevsky street, Nalchik, 360004, Russia

<sup>2</sup>Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –  
branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
37-a, I. Armand street, Nalchik, 360000, Russia

**Abstract.** The clinical relevance of this research lies in the necessity of introducing web-based applications to enhance the efficiency of brain tumor diagnosis via MRI data. This application provides preprocessing and standardization of input images, high-precision recognition of the presence and type of tumor, presentation of results in a physician-friendly format, and the ability to scale and further refine the model as new data accumulates. The proposed application ensures automated preprocessing and standardization of input images, high-accuracy tumor detection and classification, and clear visualization of results for clinical decision support; furthermore, the system architecture supports scalability and continuous model refinement as new data is accumulated.

**Aim.** The study aims to design a functional web-based system for medical diagnosis featuring an accessible user interface.

**Research methods.** The core approach involves machine learning based on convolutional neural networks and robust software development technologies.

**Results.** A fully functional web application integrated with convolutional neural networks was successfully developed and deployed for automated brain tumor diagnosis. The system utilizes a MobileNet model for MRI image classification and recognition, while a U-Net architecture is deployed for precise semantic segmentation of tumor regions. The frontend framework was implemented using React and TypeScript, while the backend infrastructure was constructed in Python.

**Conclusions.** The tests conducted show that the developed application demonstrates high accuracy in tumor recognition and segmentation, ensuring its effectiveness in medical diagnostics. The validation tests confirm that the developed application yields high accuracy in tumor detection and segmentation, ensuring robust performance in real-world medical imaging tasks.

**Keywords:** web application, brain tumor diagnostics, deep learning, convolutional neural networks, image analysis, artificial intelligence, medical data

Submitted 28.01.2026,

approved after reviewing 31.03.2026,

accepted for publication 11.06.2026

**For citation.** Kiyasov M.R., Pshenokova I.A. Web application for brain tumor diagnosis based on convolutional neural networks *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2026. Vol. 28. No. 3. Pp. 71–83. DOI: 10.35330/1991-6639-2026-28-3-71-83

### ВВЕДЕНИЕ

Онкологические заболевания головного мозга относятся к числу наиболее тяжелых и социально значимых патологий, характеризующихся высокой летальностью, риском инвалидизации и существенными экономическими потерями для системы здравоохранения. По данным клинических исследований, своевременное выявление и точная оценка характеристик опухоли (локализация, размер, тип, степень злокачественности) являются критически важными факторами, определяющими выбор тактики лечения и прогноз для пациента [1].



Content is available under license [Creative Commons Attribution 4.0 License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

При этом диагностика опухолей головного мозга представляет собой сложную междисциплинарную задачу, требующую объединения возможностей современной нейровизуализации и высокоточной аналитической обработки медицинских изображений.

Стандартом визуализации структур головного мозга в настоящее время является магнитно-резонансная томография (МРТ), обеспечивающая высокое пространственное разрешение и хорошую дифференцировку мягких тканей [2]. МРТ широко используется как для первичного выявления патологического очага, так и для последующего мониторинга динамики заболевания и эффективности терапии. Однако интерпретация МРТ-изображений остается во многом субъективной процедурой, зависящей от опыта врача-радиолога, уровня его нагрузки, доступности специализированных центров и качества диагностического оборудования. В условиях роста числа исследований, дефицита кадров и географической распределенности пациентов это приводит к появлению диагностических ошибок, задержкам постановки диагноза и, как следствие, к ухудшению клинических исходов.

На этом фоне особую актуальность приобретают методы компьютерной поддержки принятия врачебных решений, основанные на машинном обучении и глубоких нейронных сетях. За последние годы внесен существенный вклад в развитие алгоритмов анализа медицинских изображений для задач выявления и классификации патологий различных органов и систем от онкологических заболеваний молочной железы и легких до кардиологических и неврологических нарушений [3]. Показано, что модели глубокого обучения, в том числе сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks, CNN), способны достигать и даже превосходить уровень экспертов по точности распознавания патологических изменений при условии достаточного объема и качества обучающих данных [4].

Сверточные нейронные сети являются одной из ключевых архитектур глубокого обучения для задач компьютерного зрения и анализа изображений. В отличие от традиционных методов, основанных на ручном конструировании признаков (SIFT, SURF, HOG, LBP и др.), CNN автоматически извлекают многомасштабные иерархические представления, начиная от простых контуров и текстур до высокоуровневых структур, что делает их особенно эффективными при работе со сложными паттернами МРТ-изображений. Это преимущество обусловило широкое распространение CNN в задачах классификации и сегментации опухолей головного мозга, где требуется учитывать тонкие различия в интенсивности сигнала, форме и структуре патологического очага [5].

Ряд исследований демонстрирует, что использование предобученных моделей, таких как VGGNet, Inception, Xception, ResNet и их модификаций, в сочетании с методами трансферного обучения и расширения данных (data augmentation) позволяет достигать высокой точности распознавания опухолей на МРТ-срезах даже при ограниченных размерах датасетов [6].

Несмотря на значительные успехи в точности алгоритмов на исследовательских выборках, одной из ключевых проблем остается их интеграция в клиническую практику. Для того чтобы модели глубокого обучения стали реальным инструментом поддержки принятия решений, необходимо обеспечить удобный и безопасный для медицинского персонала доступ к таким системам, минимизировать требования к вычислительным ресурсам на стороне лечебных учреждений и обеспечить совместимость с существующей инфраструктурой медицинских информационных систем [7]. Важную роль здесь играют веб-технологии, позволяющие реализовать доступ к интеллектуальным диагностическим сервисам через браузер без необходимости установки специализированного программного обеспечения на рабочих местах врачей.

Веб-ориентированный подход к реализации систем поддержки диагностики обладает рядом существенных преимуществ. Во-первых, обеспечивается доступность сервиса из различных лечебных учреждений, в том числе территориально удаленных, при наличии базового интернет-соединения. Во-вторых, централизованное размещение вычислительных ресурсов упрощает обновление моделей, управление версиями и накопление анонимизированных данных для последующего дообучения и улучшения качества алгоритмов. В-третьих, веб-интерфейс позволяет интегрировать дополнительные сервисы, что особенно актуально в контексте развития дистанционной диагностики и консультирования пациентов.

Однако проектирование и внедрение веб-приложений для диагностики опухолей головного мозга сопряжено с рядом вызовов. С технической точки зрения необходимо обеспечить стабильную работу моделей CNN в условиях реальных клинических данных, отличающихся по параметрам съемки, уровням шума, артефактам и вариативности протоколов МРТ [8]. С организационной и регуляторной позиции важны вопросы защиты персональных данных, обеспечения информационной безопасности, валидации и сертификации программных изделий медицинского назначения, а также формирование доверия к результатам автоматического анализа у врачей-практиков [9]. Дополнительно возрастает значимость методов объяснимого искусственного интеллекта (Explainable AI), позволяющих визуализировать вклад отдельных областей изображения в итоговое решение модели, что способствует повышению прозрачности и интерпретируемости прогнозов.

В этой связи *актуальной* задачей является разработка веб-приложений, интегрирующих современные модели глубокого обучения на основе сверточных нейронных сетей для диагностики опухолей головного мозга по данным МРТ. Такое приложение должно обеспечивать: предобработку и стандартизацию входных изображений, высокоточное распознавание наличия и типа опухоли, предоставление результатов в удобной для врача форме, а также возможность масштабирования и дальнейшего совершенствования моделей по мере накопления новых данных [10].

**Целью данной работы** является создание полнофункциональной веб-системы для медицинской диагностики с удобным интерфейсом.

**Задача исследования** – разработка веб-приложения для диагностики опухолей головного мозга на основе сверточных нейронных сетей. Frontend реализован на React с TypeScript, backend на Python. Обучение и тестирование моделей проводились на датасетах Kaggle с МРТ-снимками четырех классов: glioma, meningioma, pituitary и notumor<sup>1</sup>. Разработанное приложение характеризуется оптимизированным размером 223 КБ (70 КБ при Gzip-сжатии), что обеспечивает быструю загрузку даже при низкой скорости интернета.

#### РЕАЛИЗАЦИЯ ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ

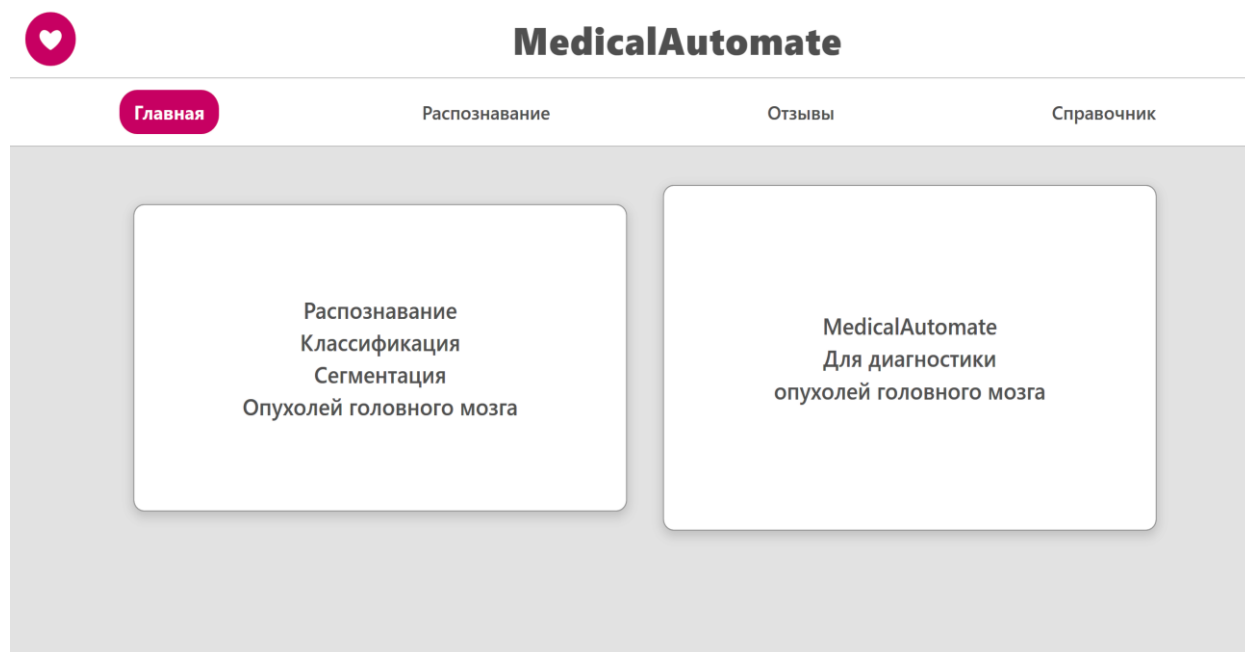
Предпосылки создания веб-приложения базируются на результатах исследования эффективности различных архитектур сверточных нейронных сетей в медицинской диагностике, проведенного в работе [11]. Для сравнения эффективности наиболее актуальных и

<sup>1</sup>Набор данных МРТ для распознавания и классификации опухолей головного мозга [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/masoudnickparvar/brain-tumor-mri-dataset>

Набор данных МРТ для сегментации опухолей головного мозга [Электронный ресурс]. URL: <https://www.kaggle.com/datasets/atikaakter11/brain-tumor-segmentation-dataset>

доступных моделей на основе сверточных нейронных сетей выбраны модели VGG19, Xception и ResNet152. По результатам сравнения наилучшей оказалась модель Xception, к которой была применена стратегия для ее улучшения с использованием методов переноса обучения и аугментации данных. После проведенных тестов получено, что улучшенная модель демонстрирует более высокую точность и устойчивость к различным видам искажений данных, что делает ее более эффективной для задач распознавания и классификации изображений. Разработанное веб-приложение интегрирует улучшенную модель глубокого обучения на основе сверточных нейронных сетей в удобный пользовательский интерфейс, что позволит обеспечить врачей современным инструментом поддержки принятия клинических решений.

Разработанное веб-приложение MedicalAutomate реализовано с использованием современного интерфейса, который обеспечивает удобный доступ ко всем функциям системы диагностики опухолей головного мозга. На рис. 1 изображена главная страница приложения с навигационной панелью и основными разделами.



**Рис. 1.** Главная страница веб-приложения MedicalAutomate

**Fig. 1.** Home page of the developed MedicalAutomate web application

Цветовая схема и макет спроектированы для снижения когнитивной нагрузки на врача. Навигационная структура позволяет быстро переходить между основными функциями: загрузкой и анализом МРТ-снимков, сбором отзывов пользователей и доступом к справочной информации о заболеваниях.

Центральным компонентом приложения является модуль распознавания, который позволяет медицинскому персоналу загружать МРТ-снимки и получать автоматизированный анализ в режиме реального времени. На рис. 2 изображена страница «Распознавание» с панелью загрузки изображений и элементами управления.



**Рис. 2.** Страница «Распознавание» веб-приложения MedicalAutomate

**Fig. 2.** Diagnosis and recognition interface of the developed MedicalAutomate web application

После загрузки изображения система автоматически отправляет его на backend-сервер для обработки моделями глубокого обучения. Передача загруженного изображения на backend-сервер осуществляется через асинхронный запрос к API-сервису с использованием фреймворка FastAPI. Функция обработки запросов предсказания выполняет полный цикл анализа: чтение файла, предобработка изображения, классификация с использованием модели MobileNet, семантическая сегментация с U-Net и кодирование результатов для отправки в frontend. На рис. 3 приведен фрагмент программного кода функции обработки данных FastAPI.

```
@app.post ("/predict", response_model=PredictionResponse)
async def predict (file: UploadFile = File(...)):
    contents = await file. read ()
    pil_img = Image.open(io. BytesIO(contents)). convert("RGB")
    img_array = np. array(pil_img)
    predictions  = model. Predict(load_and_preprocess_image(img_array),
    verbose=0)
    cls_idx = np. argmax (predictions [0])
    predicted_class = class_labels[cls_idx]
    prob = round(predictions[0][cls_idx], 2)
    overlay_img = process_image_with_unet(img_array, model_segmentation,
    mask_data)
    buf = io.BytesIO()
    overlay_img.save(buf, "PNG")
    overlay_b64 = base64.b64encode(buf.getvalue()).decode()
    return PredictionResponse(predicted_class=predicted_class,
    probability=prob, overlay_png_base64=overlay_b64)
```

**Рис. 3.** Фрагмент листинга функции обработки данных

**Fig. 3.** Fragment of the data processing function listing

Таким образом, на сервере одновременно выполняются две задачи. Первая – классификация снимка с использованием предобученной модели MobileNet, которая определяет тип опухоли, а вторая – семантическая сегментация архитектурой U-Net для выделения патологической области.

После обработки загруженного МРТ-снимка приложение генерирует отчет с результатами диагностики, содержащий необходимую информацию для принятия клинического решения. На рис. 4 изображены результаты анализа с исходным изображением, маской сегментации и справочной информацией о выявленной патологии.

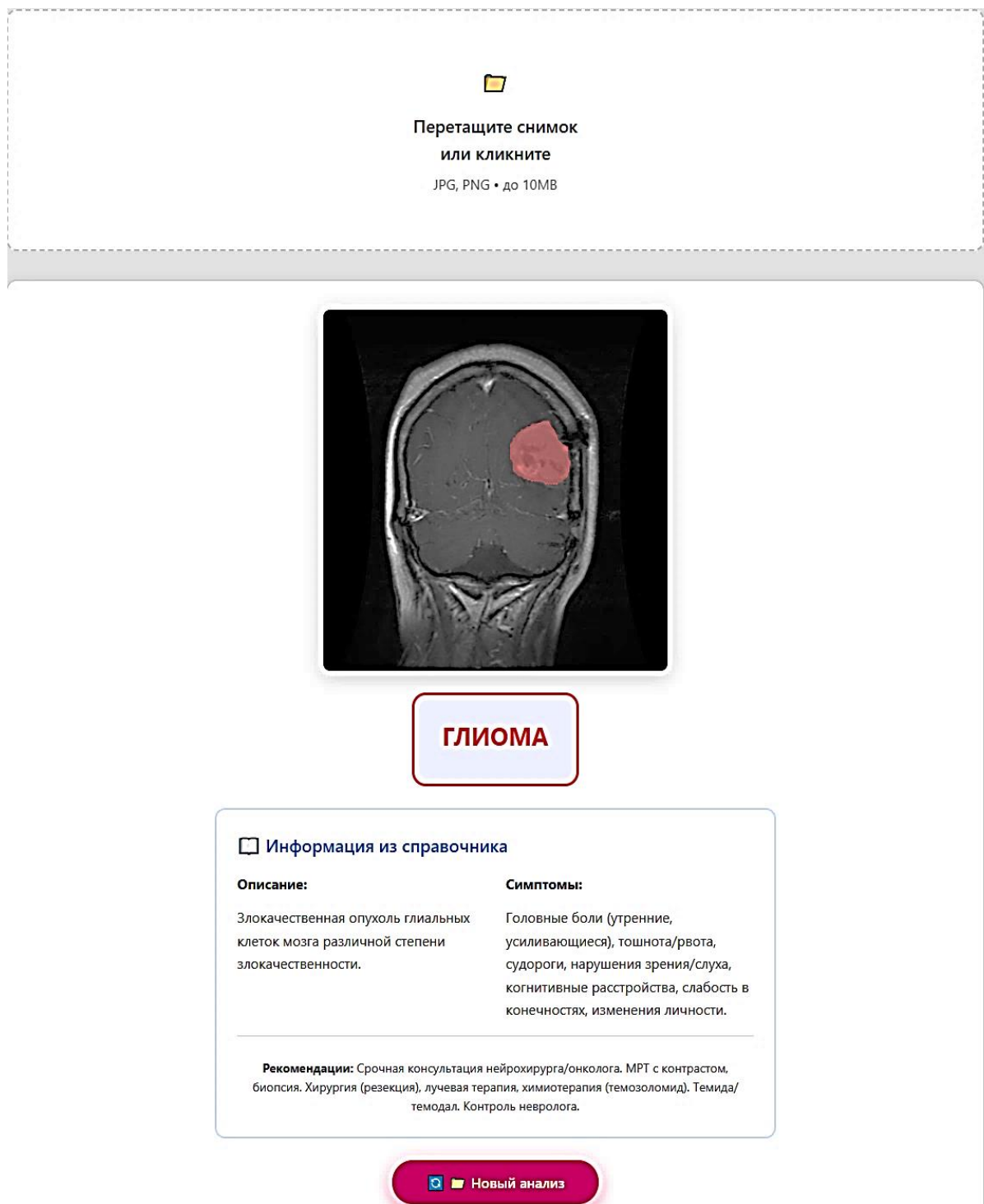


Рис. 4. Результат диагностики / Fig. 4. Diagnostic results

Визуализация сегментированной области на исходном изображении позволяет врачу наглядно увидеть точное расположение и границы предполагаемого образования. Помимо главного результата, система отображает исходный снимок и его обработанную версию с наложением маски, что способствует повышению уровня доверия к результатам анализа. Дополнительный блок справочной информации о выявленном заболевании содержит клинические характеристики, симптомы и рекомендации, помогающие врачу интерпретировать результаты в контексте клинической картины пациента.

Для повышения качества приложения и получения обратной связи от медицинского персонала реализован модуль сбора отзывов, который позволяет врачам оценивать эффективность системы и делиться опытом использования. На рис. 5 изображена страница «Отзывы» с формой для добавления отзывов.

**Рис. 5.** Страница «Отзывы» веб-приложения MedicalAutomate

**Fig. 5.** Expert feedback and clinical evaluation interface of the MedicalAutomate web application

Система отзывов служит инструментом для итеративного совершенствования приложения на основе реального опыта пользователей и включает механизм валидации и обработки пользовательского ввода. Рейтинговая система с выставлением звездной оценки позволяет быстро оценить общее мнение пользователей о функциональности и надежности приложения. Накопленные отзывы помогают разработчикам определить приоритеты для улучшения интерфейса, расширения функциональности и повышения клинической валидности моделей.

Важной компонентой приложения является справочный раздел, который предоставляет врачам структурированную информацию о различных заболеваниях и патологиях, организованную по группам. На рис. 6 изображена страница «Справочник» с различными группами заболеваний.

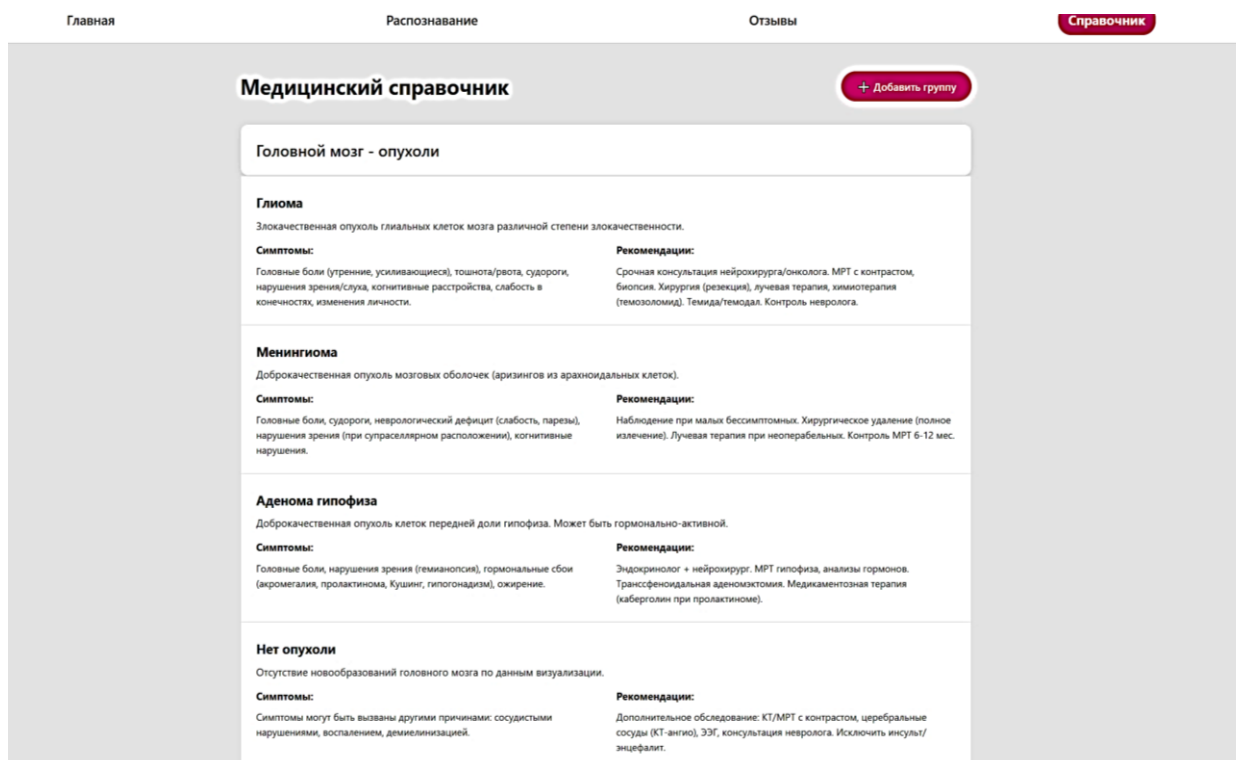


**Рис. 6.** Страница «Справочник» веб-приложения MedicalAutomate

**Fig. 6.** Medical reference and knowledge base module of the developed diagnostic platform

Интерфейс справочника построен на принципе модульности и персонализации: пользователь может просматривать группы заболеваний, а также создавать и организовывать собственные категории заболеваний и добавлять в них название, описание и клиническую информацию о патологиях. Такой подход может быть особенно ценен в многопрофильных медицинских учреждениях, где разные специалисты могут организовывать справочный материал в соответствии со своей компетенцией и клиническими интересами.

В справочном модуле приложения предусмотрены готовые группы заболеваний, включая специализированную категорию, посвященную опухолям центральной нервной системы. На рис. 7 изображена развернутая группа «Головной мозг – опухоли» с перечислением основных типов внутричерепных новообразований.



**Рис. 7.** Группа «Головной мозг – опухоли» на странице «Справочник»

**Fig. 7.** Brain Tumors section within the medical reference module

Структурированное представление информации об опухолях мозга объединяет описания основных типов опухолей, с которыми работает специалист. Для каждого типа опухоли представлены характерные клинические проявления и рекомендуемые подходы к лечению и диагностике. Интеграция справочной информации с результатами автоматического анализа снимков позволяет врачу не только получить диагностический прогноз модели, но и быстро найти информацию о симптомах и тактике ведения пациента для верификации диагноза и планирования дальнейшего лечения.

Для управления навигацией между различными разделами приложения используется система табуляции, которая позволяет пользователю переключаться между основными компонентами.

#### СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗРАБОТАННОГО ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЯ С СУЩЕСТВУЮЩИМИ АНАЛОГАМИ

Для сравнения разработанного веб-приложения с существующими аналогами рассмотрим несколько примеров приложений для распознавания и диагностики опухолей головного мозга с использованием искусственного интеллекта.

В Первом МГМУ имени И. М. Сеченова разработали веб-приложение на основе ИИ, которое анализирует МРТ-снимки и выявляет на них опухоли головного мозга. Оно не только обнаруживает новообразование, но и определяет его точную локализацию, а также классифицирует тип опухоли (например, глиому, менингиому, аденому гипофиза)<sup>2</sup>. Для обучения модели использовалась одна из современных архитектур нейросетей – YOLO v11. Нейросеть обучили на более чем 5 тыс. стандартизированных изображений из открытых датасетов. Код приложения открыт и доступен на GitHub, что позволяет другим исследователям и разработчикам участвовать в его доработке. Однако у веб-приложения меньшая функциональность в части анализа динамики заболевания по сравнению с аналогами.

Веб-приложение NeuroQuant Brain для анализа глиом (высоко- и низкоккачественных) до и после лечения. Использует метод Restriction Spectrum Imaging (RSI) для дифференциации истинного прогрессирования опухоли от псевдопрогрессии, вызванной лечением [12]. К недостаткам метода можно отнести закрытый код и зависимость от зарубежных сервисов, что приводит к потенциально более высокой стоимости для пользователей.

Mdbrain Tumor Differentiation – ИИ-решение для количественной нейровизуализации, разработанное компанией Mediaire. Приложение поддерживает анализ различных последовательностей МРТ (T1, T2, FLAIR и др.) и предоставляет отчеты с количественными данными и визуальным выделением патологических структур с помощью цветовых маркеров<sup>3</sup>. К недостаткам этого приложения также относятся закрытый код и возможная сложность адаптации под российские стандарты и данные.

К уникальным преимуществам разработанного веб-приложения MedicalAutomate по сравнению с представленными выше веб-приложениями можно отнести комбинированный

<sup>2</sup>В Сеченовском университете обучили нейросеть детектировать опухоли головного мозга на МРТ-снимках [Электронный ресурс]. <https://www.sechenov.ru/pressroom/news/v-sechenovskom-universitete-obuchili-neyroset-detektirovat-opukholi-golovnogo-mozga-na-mrt-snimkakh/> (дата обращения: 25.03.2026)

<sup>3</sup>Additional assurance with the Tumor differentiation [Electronic resource]. – <https://mediaire.ai/en/tumor-differentiation/> (accessed: 25.03.2026)

подход к анализу изображений, оптимизированную предобработку данных, систему валидации загружаемых изображений, интегрированный справочник заболеваний и модуль сбора обратной связи от пользователей.

Приложение представляет собой перспективное решение в области диагностики опухолей головного мозга, сочетающее современные технологии ИИ с практическим удобством использования, и демонстрирует высокий потенциал для практического применения в медицинской диагностике при условии дальнейшего совершенствования и валидации в направлении расширения функциональности для работы с различными типами данных и базы обучающих данных, интеграции с медицинскими информационными системами, добавления дополнительных методов визуализации и внедрения расширенной системы метрик качества.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработано веб-приложение для диагностики опухолей головного мозга на базе глубокого обучения. Применение модели MobileNet для классификации МРТ-изображений в сочетании с архитектурой U-Net для семантической сегментации позволило создать полнофункциональную систему медицинской диагностики с удобным пользовательским интерфейсом. Результаты тестирования подтверждают высокую точность распознавания и сегментации опухолей, обеспечивая эффективность применения системы в медицинских диагностических задачах. Реализованная архитектура (React/TypeScript для фронтенда, Python/FastAPI для бэкенда) обеспечивает масштабируемость и готовность к интеграции в клинические рабочие процессы.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Aguiar-Ibanez R., Mbous Y.P.V., Sharma S. Chawla E. Assessing the clinical, humanistic, and economic impact of early cancer diagnosis: a systematic literature review. *Frontiers in Oncology*. 2025. Vol. 3. DOI: 10.3389/fonc.2025.1546447
2. Wang C., Shi Z., Li Y. et al. Protocol for brain magnetic resonance imaging and extraction of imaging-derived phenotypes from the china phenobank project. *Phenomics*. 2023. Vol. 3. No. 6. Pp. 642–656. DOI: 10.1007/s43657-022-00083-w
3. Jiang X., Hu Z., Wang S., Zhang Y. Deep learning for medical image-based cancer diagnosis. *Cancers*. 2023. Vol. 15. No. 14. DOI: 10.3390/cancers15143608
4. Солопов М. В., Кавелина А. С., Попандопуло А. Г. и др. Перспективы применения сверточных нейронных сетей в цитологической диагностике узловых образований щитовидной железы // Проблемы эндокринологии. 2025. Т. 71. № 3. С. 4–13. DOI: 10.14341/probl13475
5. Solopov M.V., Kavelina A.S., Popandopulo A.G. et al. Prospects for the application of convolutional neural networks in cytological diagnostics of thyroid nodules. *Problems of Endocrinology*. 2025. No. 71. Pp. 4–13. DOI: 10.14341/probl13475. (In Russian)
6. Loghmani N., Moqadam R., Allahverdy A. Brain tumor segmentation using multimodal MRI and convolutional neural network. *30th International Conference on Electrical Engineering (ICEE)*. Tehran. Iran. 2022. Pp. 227–230. DOI: 10.1109/ICEE55646.2022.9827274
7. Rastogi D., Johri P., Donelli M. et al. Brain tumor detection and prediction in MRI images utilizing a Fine-Tuned transfer learning model integrated within deep learning frameworks. *Life*. 2025. Vol. 15. No. 3. P. 327. DOI: 10.3390/life15030327

7. Balch J.A., Ruppert M.M., Loftus T.J. et al. Machine learning-enabled clinical information systems using fast healthcare interoperability resources data standards: Scoping review. *JMIR Medical Information*. 2023. Vol. 11. DOI: 10.2196/48297
8. Ottoni M., Kasperczuk A., Tavora L.M.N. Machine learning in MRI brain imaging: a review of methods, challenges, and future directions. *Diagnostics*. 2025. Vol. 15. No. 21. DOI: 10.3390/diagnostics15212692
9. Алзубаиди А. К. Анализ требований к конфиденциальности и обмену данными цифрового здравоохранения // Медицинская этика. 2023. Т. 11. № 4. С. 27–31. DOI: 10.24075/medet.2023.030
- Alzubaidi A.K. Analysis of requirements for confidentiality and sharing of digital healthcare data. *Medical Ethics*. 2023. Vol. 11. No. 4. Pp. 27–31. DOI: 10.24075/medet.2023.030. (In Russian)
10. Vu H.A. Integrating preprocessing methods and convolutional neural networks for effective tumor detection in medical imaging. arXiv preprint *arXiv:2402.16221*. 2024.
11. Пшенокова И. А., Киясов М. Р. Модели и методы глубокого обучения в задачах распознавания и классификации медицинских изображений // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2025. Т. 27. № 2. С. 103–112. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-2-103-112
- Pshenokova I.A., Kiyasov M.R. Models and methods of deep learning in medical image recognition and classification tasks. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2025. Vol. 27. No. 2. Pp. 103–112. DOI: 10.35330/1991-6639-2025-27-2-103-112. (In Russian)
12. Bash S., Tanenbaum L.N., Segovis C., Chen M. CPT codes for quantitative MRI of the brain: what it means for neuroradiology. *American Journal of Neuroradiology*. 2024. 45(7) E19. DOI: 10.3174/ajnr.A8286

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### Информация об авторах

**Киясов Мурат Русланович**, студент 1-го года обучения направления «Информатика и вычислительная техника», Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова; 360004, Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173; myrat7450@mail.ru

**Пшенокова Инна Ауесовна**, канд. физ.-мат. наук, зав. отд. «Мультиагентные системы», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

доцент кафедры «Компьютерные технологии и информационная безопасность», Кабардино-Балкарский государственный университет имени Х. М. Бербекова;

360004, Россия, г. Нальчик, ул. Чернышевского, 173;

pshenokova\_inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>, SPIN-код: 3535-2963

### **Information about the authors**

**Murat R. Kiyasov**, Undergraduate Student majoring in Computer Science and Engineering; Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov;

173, Chernyshevsky street, Nalchik, 360004, Russia;  
myrat7450@mail.ru

**Inna A. Pshenokova**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Department Multi-Agent Systems, Institute of Computer Science and Problems of Regional Management – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

37-a, I. Armand street, Nalchik, 360000, Russia;

Associate Professor, Department of Computer Technology and Information Security, Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov;

173, Chernyshevsky street, Nalchik, 360004, Russia;  
pshenokova\_inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>, SPIN-code: 3535-2963