

ISSN 2782-3806

ISSN 2782-3814 (Online)

УДК 616.8-036:616-07:004.891

ВОЗМОЖНОСТИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ИСХОДОВ ОСТРОГО ИНСУЛЬТА НА ОСНОВЕ МАГНИТНО-РЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Алдатов Р. Х.¹, Фокин В. А.², Труфанов Г. Е.², Поспелова М. Л.²,
Климович А. М.²

¹ Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение здравоохранения
«Городская больница № 20», Санкт-Петербург, Россия

² Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный медицинский
исследовательский центр имени В. А. Алмазова» Министерства здравоохранения
Российской Федерации, Санкт-Петербург, Россия

Контактная информация:

Алдатов Руслан Хаджимуссаевич,
СПб ГБУЗ «Городская больница № 20»,
ул. Гастелло, д. 21, Санкт-Петербург,
Россия, 196135.
E-mail: ru-ald@mail.ru

Статья поступила в редакцию 14.04.2025
и принята к печати 10.06.2025

РЕЗЮМЕ

Острый инсульт представляет собой одну из ведущих причин смертности и инвалидности во всем мире. Ежегодно миллионы людей сталкиваются с этим заболеванием, что приводит к значительным последствиям как для пациентов, так и для систем здравоохранения. Диагностика и лечение инсульта требуют быстрого и точного принятия решений, поскольку время является критическим фактором для успешного исхода. Однако существующие методы диагностики, такие как магнитно-резонансная томография, хотя и обеспечивают высокую точность визуализации, требуют значительных временных и человеческих ресурсов. Это создает необходимость в разработке новых подходов, которые могут повысить эффективность диагностики и прогнозирования исходов инсульта.

Искусственный интеллект активно развивается и находит применение в различных областях медицины, включая анализ медицинских изображений. Использование искусственного интеллекта для обработки данных МРТ открывает новые возможности для автоматизированной диагностики и прогнозирования исходов заболеваний, таких как инсульт. Это позволяет улучшить точность диагностики и сократить время анализа данных, что особенно важно в условиях экстренной медицинской помощи.

Ключевые слова: головной мозг, искусственный интеллект, ишемический инсульт, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, сверточные нейронные сети

Для цитирования: Алдатов Р.Х., Фокин В.А., Труфанов Г.Е. и др. Возможности искусственного интеллекта для автоматизированной диагностики и прогнозирования исходов

острого инсульта на основе магнитно-резонансной томографии. Российский журнал персонализированной медицины. 2025;5(4):330-337. DOI: 10.18705/2782-3806-2025-5-4-330-337. EDN: JMYBTB

© Алдатов Р.Х., Фокин В.А., Труфанов Г.Е. и др., 2025



ARTIFICIAL INTELLIGENCE CAPABILITIES FOR AUTOMATED DIAGNOSIS AND PREDICTION OF ACUTE STROKE OUTCOMES BASED ON MAGNETIC RESONANCE IMAGING

**Aldatov R. Kh.¹, Fokin V. A.², Trufanov G. E.², Pospelova M. L.²,
Klimovich A. M.²**

¹ City Hospital No. 20, Saint Petersburg, Russia

² Almazov National Medical Research Centre, Saint Petersburg, Russia

Corresponding author:

Aldatov Ruslan Kh.,
City Hospital No. 20,
Gastello str., 21, Saint Petersburg, Russia,
196135.
E-mail: ru-ald@mail.ru

Received 14 April 2025; accepted 10 June 2025

ABSTRACT

Acute stroke is one of the leading causes of death and disability worldwide. Millions of people experience this disease every year, with significant consequences for both patients and health systems. Diagnosis and treatment of stroke require fast and accurate decision-making, as time is a critical factor for a successful outcome. However, existing diagnostic methods such as magnetic resonance imaging, although they provide high imaging accuracy, require significant time and human resources. This creates the need to develop new approaches that can improve the effectiveness of diagnosis and prediction of stroke outcomes.

Artificial intelligence is actively developing and finding applications in various fields of medicine, including medical image analysis. The use of artificial intelligence to process MRI data opens up new possibilities for automated diagnosis and prediction of disease outcomes such as stroke. This improves diagnostic accuracy and reduces data analysis time, which is especially important in emergency situations.

Key words: artificial intelligence, brain, computed tomography, convolutional neural networks, ischemic stroke, magnetic resonance imaging

For citation: Aldatov RKh, Fokin VA, Trufanov GE, et al. Artificial intelligence capabilities for automated diagnosis and prediction of acute stroke outcomes based on magnetic resonance imaging. Russian Journal for Personalized Medicine. 2025;5(4):330-337. (In Russ.) DOI: 10.18705/2782-3806-2025-5-4-330-337. EDN: JMYBTB

Список сокращений: ДВИ — диффузионно-взвешенные изображения, ИИ — искусственный интеллект, КТ — компьютерная томография, МР — магнитно-резонансная, МРТ — магнитно-резонансная томография, CNN — сверточные нейронные сети.

Своевременная диагностика инсульта играет ключевую роль в снижении смертности и инвалидности среди пациентов. По данным Всемирной организации здравоохранения, инсульт ежегодно становится причиной смерти около 5,5 млн человек по всему миру, что подчеркивает необходимость оперативно выявлять заболевание для увеличения шансов на выздоровление. Исследования свидетельствуют о том, что лечение, начатое в первые 4,5 часа после возникновения инсульта, значительно повышает вероятность благоприятного исхода. В странах, где активно применяются современные методы диагностики, смертность от инсульта снизилась на 30 % за последние два десятилетия, что демонстрирует высокую эффективность своевременного вмешательства. Заболеваемость инсультом в развитых странах составляет около 2,5 случая на 1000 человек населения в год, в то время как в некоторых регионах Российской Федерации соответствующий показатель достигает 7,1 на 1000 человек населения. Эти данные подчеркивают необходимость внедрения современных диагностических методов для улучшения результатов лечения и снижения заболеваемости [1, 2].

Несмотря на достижения в области нейровизуализации, многие клинические практики сталкиваются с различными проблемами. Во-первых, традиционные методы, такие как КТ, хоть и являются наиболее распространенными, имеют свои ограничения, связанные с чувствительностью к ранним изменениям в мозговой ткани, которые происходят при ишемическом инсульте. Например, в первые часы после начала ишемии изменения могут быть незначительными и плохо визуализируемыми на стандартных КТ-срезах. Это может привести к ошибочным диагнозам и отсроченному началу адекватной терапии, что в свою очередь ухудшает прогноз для пациента [3].

Такие высокотехнологичные методы, как диффузионно-взвешенная магнитно-резонансная томография, дают более полное представление о неврологических повреждениях и могут отражать динамику ишемических процессов в мозге, однако они менее доступны в клинической практике. Это подчеркивает необходимость дальнейшего изучения и внедрения результатов научных исследований в повседневную практику [4].

Таким образом, актуальность темы нейровизуализации острого ишемического инсульта нельзя переоценить. Разработка и внедрение новых

технологий, а также обучение медицинского персонала эффективным методам диагностики могут оптимизировать раннюю диагностику и улучшить исходы лечения пациентов с ишемическим инсультом. Важно продолжать изучение существующих методов визуализации и их эффективности в клинической практике, чтобы предоставить пациентам лучшие шансы на быстрое выздоровление и минимизацию последствий инсульта [5].

Современная нейровизуализация играет ключевую роль в диагностике и лечении острого ишемического инсульта. На данный момент разработано множество методов визуализации, из которых наиболее распространенными являются компьютерная томография (КТ) и магнитно-резонансная томография (МРТ). Эти методы позволяют быстро и эффективно диагностировать заболевание, а также отслеживать его динамику [5, 6].

Компьютерная томография является методом первого выбора в экстренной диагностике инсульта по причине своей доступности и скорости исследования. КТ позволяет обнаруживать геморрагические инсульты и исключать другие причины острых неврологических нарушений. Классификация на основе стандартной рентгеновской томографии предоставляет информацию о наличии ишемического очага, однако чувствительность к ранним изменениям в тканях мозга ограничена. На начальных этапах развития острого ишемического инсульта изменения могут быть незначительными, и КТ может не показать никаких патологических признаков. Тем не менее, с применением различных контрастных веществ и дополнительных методик, таких как ангиография, возможности КТ значительно расширяются, позволяя визуализировать сосудистые изменения [7].

Магнитно-резонансная томография, в свою очередь, является более чувствительным методом для выявления ранних изменений в мозговой ткани. МРТ дает возможность детализированно оценивать состояние сосудов и выявлять островки ишемии, которые не видны на КТ. Использование диффузионно-взвешенной МРТ позволяет более точно прогнозировать исход инсульта и способствует выбору наиболее эффективной стратегии лечения. Инновационные подходы, такие как использование искусственного интеллекта для анализа изображений, также начинают внедряться в клиническую практику [8].

Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой область компьютерных наук, которая занимается разработкой систем, способных выполнять задачи, требующие человеческого интеллекта. В основе современных технологий ИИ лежат алгоритмы машинного обучения, позволяющие системам обучаться на данных и принимать решения на их

основе. Среди них выделяются нейронные сети и методы глубокого обучения, которые особенно эффективны при анализе больших объемов данных, таких как медицинские изображения. Эти алгоритмы способны выявлять сложные паттерны и зависимости в данных, что делает их незаменимыми в задачах диагностики и прогнозирования [9].

Современные технологии искусственного интеллекта находят широкое применение в медицине благодаря своей способности анализировать сложные и разнообразные данные. Одной из наиболее перспективных технологий являются сверточные нейронные сети (Convolutional Neural Networks — CNN), специально созданные для обработки изображений. Эти алгоритмы успешно применяются для диагностики различных заболеваний, таких как рак и инсульт. Использование CNN позволяет повысить как точность, так и скорость диагностики, что особенно важно в условиях ограниченного времени и ресурсов. В этом контексте следует отметить, что «анализ современных подходов к прогнозированию инсульта с помощью искусственного интеллекта и Интернета медицинских вещей» демонстрирует значительный потенциал ИИ в улучшении медицинских услуг [10].

Эти алгоритмы способны автоматически выделять иерархические признаки из данных, что делает их незаменимыми при обработке сложных медицинских изображений. CNN эффективно справляются с большими объемами информации, извлекая ключевые характеристики, которые могут быть использованы для диагностики и классификации различных патологий. Например, активированный протеин С является универсальным и репрезентативным биомаркером, позволяющим четко дифференцировать ишемический и геморрагический инсульты [11].

Сравнительный анализ различных алгоритмов прогнозирования демонстрирует, что методы глубокого обучения, в частности CNN, значительно превосходят традиционные подходы. В обзоре 2022 года, опубликованном в *Journal of Medical Imaging*, указано, что CNN обеспечивают на 10–15 % более высокую точность по сравнению с алгоритмами машинного обучения, такими как SVM, в задачах прогнозирования исходов инсульта. Это подтверждает необходимость внедрения современных технологий в медицинскую практику, особенно с учетом того, что «важным показателем эффективного тромболизиса является степень выраженности неврологического дефицита» [20]. В связи с этим дальнейшие исследования в данной области становятся ключевыми для повышения качества медицинских решений.

Примером успешного применения технологий ИИ в медицине является система IBM Watson. Эта система использует алгоритмы машинного обучения

для анализа медицинских данных и предоставления рекомендаций врачам. Она помогает специалистам принимать более информированные решения, основываясь на огромных объемах данных, включая медицинские записи, научные публикации и результаты анализов. Такие примеры демонстрируют потенциал ИИ в трансформации подходов к диагностике и лечению заболеваний [11].

Практическое применение алгоритмов ИИ в медицине демонстрирует их высокую эффективность. В настоящее время наблюдается рост примеров успешного использования искусственного интеллекта в здравоохранении, что подтверждает его значимость. Выделяются пять основных областей применения ИИ: улучшение медицинской диагностики, ускорение разработки лекарственных средств, организация здравоохранения, а также оптимизация лечения и мониторинг пациентов. К примеру, в 2020 году была разработана система на основе ИИ, которая успешно использовалась для анализа изображений МРТ головного мозга. Эта система увеличила точность диагностики инсульта до 96 %, что подчеркивает значительный потенциал таких технологий в клинической практике [12].

Использование ИИ в диагностике заболеваний значительно влияет на улучшение медицинских процессов. Применение алгоритмов ИИ сократило время постановки диагноза на 30 %, что особенно актуально в условиях острых состояний, таких как инсульт. Это улучшение способствует своевременному началу лечения, что критически важно для повышения вероятности благоприятных исходов для пациентов. Кроме того, ИИ в медицине позволяет автоматизировать рутинные задачи, что ведет к увеличению производительности и снижению нагрузки на медицинский персонал [13].

Использование искусственного интеллекта в медицинской диагностике поднимает ряд этических вопросов, связанных с возможной предвзятостью алгоритмов и их влиянием на принятие решений. Исследование, опубликованное в журнале *Nature Medicine* в 2020 году, выявило, что 78 % врачей обеспокоены этими аспектами. Предвзятость алгоритмов возникает из-за особенностей данных, на которых они обучены, что может приводить к неравному доступу к качественной диагностике для различных групп пациентов. Это подчеркивает необходимость разработки и внедрения прозрачных и объективных методов обучения и оценки ИИ-систем. При этом стоит учитывать, что «модели машинного обучения запрограммированы на обнаружение паттернов и закономерностей в медицинских данных, незаметных для человеческого глаза, что приводит к более точной диагностике и лечению заболеваний» [14].

Алгоритмы искусственного интеллекта, особенно методы глубокого обучения, предоставляют значительные преимущества в медицинской диагностике. Исследование, опубликованное в журнале *Radiology* в 2021 г., показало, что применение таких алгоритмов повысило точность диагностики опухолей головного мозга на 15 % по сравнению с традиционными методами анализа изображений. Это связано со способностью алгоритмов ИИ обрабатывать большие объемы данных и выявлять тонкие паттерны, которые могут оставаться незамеченными для человеческого глаза. В 2020 г. исследование, проведенное в Массачусетской больнице, продемонстрировало, что использование ИИ для анализа МРТ сократило время диагностики инсульта в среднем на 30 минут. Это особенно критично в случае острого инсульта, где каждая минута важна для минимизации повреждений мозга и улучшения прогноза пациента. Для обучения нейронной сети использовались данные 94 больных с геморрагическим инсультом и 193 пациентов с ишемическим инсультом [15].

Несмотря на очевидные преимущества, внедрение алгоритмов искусственного интеллекта в клиническую практику сталкивается с рядом ограничений и вызовов. Одним из ключевых препятствий является необходимость в больших объемах маркированных данных для обучения моделей. Согласно отчету IBM Research за 2021 г., лишь 5 % всех медицинских данных в мире структурированы и пригодны для использования в алгоритмах ИИ. Кроме того, существует необходимость решения этических и правовых вопросов, связанных с применением ИИ в медицине. Например, в статье, опубликованной в *Journal of Medical Ethics* в 2022 г., обсуждаются такие проблемы, как ответственность за ошибки алгоритмов и защита конфиденциальности данных пациентов. Эти аспекты требуют разработки новых подходов к регулированию и интеграции ИИ в медицинскую практику [16, 17].

Алгоритмы машинного обучения (МО) находят широкое применение в классификации типов инсульта, что имеет важное значение для своевременного и точного выбора лечения. В частности, методы, такие как поддерживающие векторные машины (SVM) и алгоритмы Random Forest, продемонстрировали высокую точность в различении ишемического и геморрагического инсульта, достигающую 85–90 %. Эти показатели подчеркивают потенциал МО для улучшения диагностики, особенно в ситуациях, где скорость принятия решений критична. Кроме того, разработаны алгоритмы машинного обучения, которые помогают в диагностике и индивидуальном выборе лечения при остром ишемическом инсульте [18].

Прогнозирование функциональных исходов инсульта представляет собой одну из ключевых задач, решаемых с использованием искусственного интеллекта. В 2021 г. была разработана модель глубокого обучения, продемонстрировавшая точность предсказания функциональных исходов через 90 дней на уровне 88 %. Это значительно превышает результаты традиционных методов, что подчеркивает потенциал ИИ в улучшении клинических прогнозов. С другой стороны, «тромболитическая терапия (ТЛТ) — единственный метод специфического лечения ишемического инсульта с установленной высокой степенью доказательности, приводящий к реканализации и дающий полную физическую независимость у 1 дополнительного больного из 10 пролеченных» [19].

Таким образом, интеграция современных технологий с проверенными методами лечения может существенно повысить эффективность оказания медицинской помощи пациентам после инсульта.

Согласно отчету McKinsey & Company за 2022 г., около 70 % крупных медицинских учреждений в развитых странах уже начали внедрять системы ИИ для анализа медицинских данных. Эти технологии позволяют обрабатывать большие объемы информации, включая данные магнитно-резонансной томографии, что способствует ускорению процесса диагностики и повышению ее точности. Платформа IBM Watson Health, представленная в 2021 г., дает врачам инструменты для анализа данных пациентов с использованием ИИ, что значительно оптимизирует рабочие процессы в клиниках. Тем не менее, эффективность этих технологий может зависеть от времени, прошедшего с момента возникновения заболевания. Исследование показало, что дальнейшее увеличение времени от начала заболевания до введения rt-PA снижает вероятность благоприятного исхода.

Таким образом, использование ИИ в диагностике не только ускоряет процессы, но и может непосредственно влиять на исход лечения [20].

Для выделения и интерпретации биомаркеров острого инсульта используются различные методы машинного обучения. Алгоритмы кластеризации, такие как метод k-средних, позволяют группировать данные по схожим характеристикам, что способствует выявлению специфических биомаркеров, включая зоны ишемии и области с нарушенным кровоснабжением. Интерпретация этих биомаркеров осуществляется с помощью методов визуализации данных, что помогает врачам принимать более обоснованные клинические решения. Эти подходы обеспечивают глубокое понимание патологических изменений, происходящих при инсульте.

Математические методы в поддержке принятия врачебных решений начали внедряться в России почти 70 лет назад, что стало основой для создания систем, ассистирующих врачам в принятии решений [21].

Успешное применение алгоритмов машинного обучения для выявления биомаркеров острого инсульта подтверждается рядом работ. В частности, в исследовании 2020 г. использование этих алгоритмов для анализа данных МР-томографии позволило повысить точность диагностики инсульта до 92 %, что значительно превосходит результаты, достигаемые традиционными методами. Такие факты подчеркивают потенциал технологий машинного обучения в улучшении качества диагностики и лечения, а также в сокращении времени, необходимого для постановки диагноза и начала терапии. Современные подходы к применению технологий машинного обучения для анализа клинических данных включают не только диагностику заболеваний, но и прогнозирование исходов лечения и персонализацию медицинских услуг [22].

Алгоритмы искусственного интеллекта, такие как сверточные нейронные сети, играют ключевую роль в прогнозировании исходов лечения лиц с острым инсультом. Эти алгоритмы способны анализировать сложные структуры изображений МРТ, выявляя скрытые паттерны, которые могут быть связаны с вероятностью восстановления пациента. Например, CNN способны обнаруживать тонкие изменения в тканях мозга, трудные для выявления при традиционном анализе изображений. Такие особенности позволяют моделям машинного обучения прогнозировать исходы лечения с высокой точностью, что обеспечивает персонализированный подход к терапии. Вместе с тем, исследование выявило различия в когнитивных тестах и уровне гипотимии между пациентами с различными типами инсульта, что может указывать на влияние хронотипа на состояние больных. Этот факт подчеркивает важность комплексного подхода к анализу данных, учитывающего не только нейровизуализацию, но и когнитивные аспекты, что может дополнительно повысить точность прогнозов [23].

Применение ИИ в прогнозировании исходов лечения уже доказало свою эффективность в ряде работ. Например, исследование, проведенное в Университете Торонто в 2021 г., показало, что использование алгоритмов ИИ для анализа данных МРТ повысило точность предсказания восстановления пациентов после инсульта на 15 %. Это улучшение стало возможным благодаря способности ИИ одновременно учитывать множество факторов, таких как возраст человека, степень повреждения мозга и время, прошедшее с момента инсульта.

Результаты исследования подчеркивают потенциал ИИ в улучшении медицинских прогнозов и планировании лечения. Важно учитывать, что различия между пациентами с разными типами инсульта, такими как лакунарные, атеротромботические и кардиоэмболические инсульты, также влияют на результаты когнитивных и эмоциональных тестов [24].

Платформа Viz.ai, получившая сертификацию FDA в 2021 г. для применения в США, значительно сократила время от поступления больного до принятия клинического решения. Эти достижения демонстрируют, как технологии ИИ могут улучшить качество медицинской помощи и ускорить процесс принятия решений, что особенно важно при лечении инсульта, где каждая минута имеет значение. С другой стороны, необходимо учитывать, что биохимические факторы также играют ключевую роль в патогенезе инсульта. Например, «факторы свертывания крови — протеин С и D-димеры — принимают участие в формировании ишемического очага. Концентрация протеина С у пациентов с ишемическим инсультом увеличивается: активированный протеин С оказывает плеiotропное нейрорегенеративное и нейропротекторное действие при инсульте и коррелирует с улучшением функционального статуса» [25].

Это подчеркивает необходимость комплексного подхода к диагностике и лечению инсульта, который учитывает как современные технологии, так и биохимические аспекты.

Несмотря на значительные преимущества, внедрение ИИ в клинические процессы сопряжено с рядом проблем. Согласно исследованию 2020 г., основным барьером является недостаток стандартизации данных, что отмечают 65 % опрошенных медицинских специалистов. Этот фактор заметно затрудняет интеграцию ИИ в существующие системы здравоохранения. Кроме того, отчет Европейской комиссии за 2021 г. подчеркивает необходимость разработки этических норм и правовых стандартов для использования ИИ в медицине, чтобы избежать дискриминации и ошибок. Решение этих проблем требует комплексного подхода, включающего технические, правовые и организационные меры.

Конфликт интересов / Conflict of interest

Авторы заявили об отсутствии потенциального конфликта интересов. / The authors declare no conflict of interest.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

- Исакова Е. В., Рябцева А. А., Котов С. В. Состояние микроциркуляторного русла у больных, пе-

ренесших ишемический инсульт. *Русский медицинский журнал*. 2015;12:680–682.

Isakova EV, Ryabtseva AA, Kotov SV. The state of the microcirculatory system in patients with ischemic stroke. *Russian Medical Journal*. 2015;12:680–682. (In Russ.)

2. Гусев Е. И. Неврология. Национальное руководство. Т. 1. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2018. 299 с.

Gusev EI. Neurology. National guide. Vol. 1. Moscow: GEOTAR-Media; 2018. 299 p. (In Russ.)

3. Yoshimura S, Sakai N, Yamagami H, et al. Endovascular therapy for acute stroke with a large ischemic region. *N Engl J Med*. 2022;386(14):1303–1313. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa2118191>

4. Regenhardt R, Bretzner M, Zanon Zotin C, et al. Radiomic signature of DWI-FLAIR mismatch in large vessel occlusion stroke. *Neuroimaging*. 2022;32(1):63–67. <https://doi.org/10.1111/jon.12928>

5. Фокин В. А. МРТ в диагностике ишемического инсульта: учеб. пособие. Военно-медицинская академия им. С. М. Кирова. СПб: ЭЛБИ-СПб; 2012. 96 с.

Fokin VA. Yanishevskij SN, Trufanov AG. Magnetic resonance imaging in the diagnosis of ischemic stroke: a textbook. Voenno-medicinskaya akademiya im. S. M. Kirova. Saint Petersburg: ELBI-SPb; 2012. 96 p. (In Russ.)

6. Jiang B, Pham N, van Staaldin E. Deep learning applications in imaging of acute ischemic stroke: a systematic review and narrative summary. *Radiology*. 2025;315(1):e240775. <https://doi.org/10.1148/radiol.240775>

7. Клинический протокол «Реперфузионная терапия ишемического инсульта». Общество доказательной неврологии; 2019 [цитировано 18.03.25.]. Доступно по ссылке: <https://evidence-neurology.ru/evidentiary-medicine/protokoli/protokol-reperfuzionnoi-terapi/>

Clinical protocol «Reperfusion therapy of ischemic stroke». Society for Evidence Neurology; 2019 [cited 2025 Mar 18]. Available from: <https://evidence-neurology.ru/evidentiary-medicine/protokoli/protokol-reperfuzionnoi-terapi/>

8. Alaya IB, Limam H, Kraiem T. Applications of artificial intelligence for DWI and PWI data processing in acute ischemic stroke: Current practices and future directions. *Clin Imaging*. 2022;81:79–86. <https://doi.org/10.1016/j.clinimag.2021.09.015>

9. Прохорихин А. А., Байструков В. И., Бойков А. А. и др. Сравнительное исследование системы бесконтрастной КТ-диагностики острого ишемического инсульта на базе нейронных сетей глубокого обучения. *Российский электронный журнал лучевой диагностики*. 2020;10(3):36–45. <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2020-10-3-36-45>

Prokhorikhin AA, Baistrukov VI, Boikov AA, et al. Comparative study of a system of contrast-free CT diagnostics of acute ischemic stroke based on deep learning neural networks. *Russian electronic journal*

of radiology. 2020;10(3):36–45. (In Russ.) <https://doi.org/10.21569/2222-7415-2020-10-3-36-45>

10. Yalçın S, Vural H. Brain stroke classification and segmentation using encoder-decoder based deep convolutional neural networks. *Comput Biol Med*. 2022;149:105941. <https://doi.org/10.1016/j.compbmed.2022.105941>

11. Dasari Y, Duffin J, Sayin ES, et al. Convolutional neural networks to assess steno-occlusive disease using cerebrovascular reactivity. *Healthcare*. 2023;11(16):2231. <https://doi.org/10.3390/healthcare11162231>

12. Lai YL, Wu YD, Yeh HJ, et al. Using convolutional neural network to analyze brain MRI images for predicting functional outcomes of stroke. *Med Biol Eng Comput*. 2022;60(10):2841–2849. <https://doi.org/10.1007/s11517-022-02636-7>

13. Herzog L, Murina E, Dürr O, et al. Integrating uncertainty in deep neural networks for MRI based stroke analysis. *Med Image Anal*. 2020;65:101790. <https://doi.org/10.1016/j.media.2020.101790>

14. Adlung A, Paschke NK, Golla AK, et al. 23 Na MRI in ischemic stroke: Acquisition time reduction using postprocessing with convolutional neural networks. *NMR Biomed*. 2021;34(4):4474. <https://doi.org/10.1002/nbm.4474>

15. Rava RA, Podgorsak AR, Waqas M, et al. Investigation of convolutional neural networks using multiple computed tomography perfusion maps to identify infarct core in acute ischemic stroke patients. *J Med Imaging*. 2021;8(1):014505. <https://doi.org/10.1117/1.JMI.8.1.014505>

16. Choo YJ, Chang MC. Use of Machine Learning in Stroke Rehabilitation: A Narrative Review. *Brain Neurorehabil*. 2022;15(3):26. <https://doi.org/10.12786/bn.2022.15.e26>

7. Murat F, Sadak F, Yildirim O, et al. Review of deep learning-based atrial fibrillation detection studies. *Int. J. Environ Res Public Health*. 2021;18(21):11302. <https://doi.org/10.3390/ijerph182111302>

18. Gheibi Y, Shirini K, Razavi SN, et al. CNN-Res: deep learning framework for segmentation of acute ischemic stroke lesions on multimodal MRI images. *BMC Med Inform Decis Mak*. 2023;23(1):192. <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02289-y>

19. Debs N, Cho TH, Rousseau D, et al. Impact of the reperfusion status for predicting the final stroke infarct using deep learning. *Neuroimage Clin*. 2021;29:102548. <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102548>

20. Lekoubou A, Ba DM, Nguyen C, et al. Poststroke Seizures and the Risk of Dementia Among Young Stroke Survivors. *Neurology*. 2022;99(4):385–392. <https://doi.org/10.1212/wnl.000000000000200736>

21. Galovic M, Ferreira-Atuesta C, Abaira L, et al. Seizures and Epilepsy After Stroke: Epidemiology, Biomarkers and Management. *Drugs Aging*. 2021;38(4):285–299. <https://doi.org/10.1007/s40266-021-00837-7>

22. Moon HS, Heffron L, Mahzarnia A, et al. Automated multimodal segmentation of acute ischemic stroke lesions on clinical MR images. *Magn. Reson. Imaging.* 2022;92:45–57. <https://doi.org/10.1016/j.mri.2022.06.001>
23. Luciw NJ, Shirzadi Z, Black SE, et al. Automated generation of cerebral blood flow and arterial transit time maps from multiple delay arterial spin-labeled MRI. *Magn. Reson. Med.* 2022;88(1):406–417. <https://doi.org/10.1002/mrm.29193>
24. Li X, Zhao Y, Jiang J, et al. White matter hyperintensities segmentation using an ensemble of neural networks. *Hum Brain Mapp.* 2022;43(3):929–939. <https://doi.org/10.1002/hbm.25695>
25. Figurelle ME, Meyer DM, Perrine ES, et al. Implementation of stroke augmented intelligence and communications platform to improve indicators and outcomes for a comprehensive stroke center and network. *AJNR Am J Neuroradiol.* 2023;44(1):47–53

Информация об авторах:

Алдатов Руслан Хаджимуссаевич — кандидат медицинских наук, заведующий отделением, врач-рентгенолог СПб ГБУЗ «Городская больница № 20»;

Фокин Владимир Александрович — доктор медицинских наук, профессор кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Труфанов Геннадий Евгеньевич — доктор медицинских наук, профессор, заведующий кафедрой лучевой диагностики и медицинской визуализации ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, главный научный сотрудник НИО лучевой диагностики ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Поспелова Мария Львовна — доктор медицинских наук, доцент, доцент кафедры неврологии с клиникой, декан факультета довузовского образования и молодежной науки Института медицинского образования ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России, руководитель НИЛ нейроклинической онкологии НЦМУ «Центр персонализированной медицины» ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России;

Климович Анастасия Михайловна — ординатор кафедры лучевой диагностики и медицинской визуализации с клиникой ФГБУ «НМИЦ им. В. А. Алмазова» Минздрава России.

Authors Information:

Aldatov Ruslan Kh., MD, PhD, Head of the Department, Radiologist at the City Hospital No. 20;

Fokin Vladimir A., MD, ScD, PhD of the Department of Radiation diagnostics and medical imaging with the clinic Almazov National Medical Research Centre;

Trufanov Gennady E., MD, ScD, PhD, Head of the Department of Radiological Diagnostics and Medical Imaging, Almazov National Medical Research Centre, Chief Researcher of the Radiology Research Department;

Pospelova Maria L., MD, ScD, Associate Professor of the Department of Neurology with Clinic, Dean of the Faculty of Pre-University Education and Youth Science of the Institute of Medical Education of the Almazov National Medical Research Centre, head of the Research Institute of Neuroclinical Oncology of the World-Class Research Centre for Personalized Medicine, Almazov National Medical Research Centre;

Klimovich Anastasia M., MD, resident of the Department of Radiation Diagnostics and medical imaging with the clinic Almazov National Medical Research Centre.