

НЕЙРОННЫЕ СЕТИ В РЕНТГЕНОГРАФИИ: ПЕРСПЕКТИВЫ И ВЫЗОВЫ

NEURAL NETWORKS IN RADIOGRAPHY: PROSPECTS AND CHALLENGES

R. Golia

Summary. The article is devoted to the study of prospects and challenges arising from the use of neural networks in radiography. The possibilities of modern deep learning algorithms, such as convolutional neural networks (CNN), in improving the accuracy and speed of diagnosis of various diseases, including tuberculosis, pneumonia and lung cancer, are considered. Special attention is paid to the high accuracy, sensitivity and specificity of neural networks, reaching 95–98 %.

Despite the significant advantages, the implementation of neural networks is fraught with technical difficulties, such as high computational complexity and the need for large amounts of labeled data. Issues of interpretability of results, confidentiality of medical data, and ethical aspects related to possible discrimination and bias in training models are also discussed.

Modern X-ray diagnostic devices, such as CT and C-arc, actively integrate artificial intelligence technologies that increase the accuracy and speed of diagnosis. The use of neural networks such as CNN and U-Net makes it possible to automatically detect pathologies, improve tissue segmentation and reduce the influence of the human factor. In 2025, such systems will become the standard in modern medicine, helping doctors to make timely and accurate diagnoses based on objective data and recommendations from AI.

Keywords: medicine, artificial intelligence, neural networks, healthcare, X-ray imaging, diagnostics, modern algorithms, and models.

Современная медицина сталкивается с необходимостью повышения точности и скорости диагностики, что особенно актуально в области рентгенографии. Традиционные методы анализа рентгеновских изображений часто требуют значительных временных затрат и могут быть подвержены человеческому фактору. Внедрение нейронных сетей в этот процесс открывает новые горизонты, позволяя автоматизировать и улучшить диагностику, однако с этим связаны и определенные вызовы.

Исследование заключается в анализе перспектив и вызовов, связанных с использованием нейронных сетей в рентгенографии. В частности, будет рассмотрено, как современные алгоритмы глубокого обучения могут изменить подход к диагностике, а также какие проблемы могут возникнуть на этом пути.

Голя Роман Дмитриевич

Инженер-электронщик, Автономная некоммерческая организация высшего образования Российский новый университет, ООО «РЕНТГЕН-КОМПЛЕКТ», г. Москва
roma199810@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена исследованию перспектив и вызовов, возникающих при применении нейронных сетей в рентгенографии. Рассмотрены возможности современных алгоритмов глубокого обучения, таких как сверточные нейронные сети (CNN), в повышении точности и скорости диагностики различных заболеваний, включая туберкулез, пневмонию и рак легких. Особое внимание уделено высоким показателям точности, чувствительности и специфичности нейронных сетей, достигающим 95–98 %.

Несмотря на значительные преимущества, внедрение нейронных сетей сопряжено с техническими трудностями, такими как высокая вычислительная сложность и потребность в больших объемах, размеченных данных. Также обсуждаются вопросы интерпретируемости результатов, конфиденциальности медицинских данных и этические аспекты, связанные с возможным проявлением дискриминации и предвзятости в обучающих моделях.

Современные рентгенодиагностические аппараты, такие как КТ и С-дуга, активно интегрируют технологии искусственного интеллекта, повышающие точность и скорость диагностики. Использование нейронных сетей, таких как CNN и U-Net, позволяет автоматически обнаруживать патологии, улучшать сегментацию тканей и снижать влияние человеческого фактора. В 2025 году такие системы становятся стандартом в современной медицине, помогая врачам оперативно и точно ставить диагнозы, основываясь на объективных данных и рекомендациях ИИ.

Ключевые слова: медицина, искусственный интеллект, нейронные связи, здравоохранение, рентгенография, диагностика, современные алгоритмы, модели.

Ключевыми фигурами в исследовании являются исследователи в области искусственного интеллекта, разработчики программного обеспечения и медицинские работники, которые активно внедряют новые технологии в свою практику. Их взаимодействие и обмен опытом играют важную роль в успешной интеграции нейронных сетей в рентгенографию.

Актуальность обусловлена не только стремительным развитием технологий в России, но и глобальными тенденциями в здравоохранении, где искусственный интеллект становится неотъемлемой частью медицинской диагностики [1]. В условиях растущего объема медицинских данных и необходимости их быстрой обработки, нейронные сети могут значительно повысить эффективность работы врачей.

Среди множества алгоритмов глубокого обучения, применяемых в медицинской рентгенографии, особую популярность приобрели CNN. Эти алгоритмы отличаются высокой эффективностью в обработке изображений, что делает их незаменимыми для анализа рентгеновских снимков. Васильев и Шпопер отмечают, что «научно-техническая революция в XXI в. приобрела новые очертания в сфере цифровых технологий. В сфере программирования одним из достижений стали разработки в сфере искусственного интеллекта и робототехники» [2, с. 23]. Это подтверждается выдающимися результатами моделей ResNet и U-Net в сегментации и классификации патологий, таких как опухоли и воспалительные процессы. Их архитектуры специально разработаны для извлечения сложных признаков из изображений, что позволяет с высокой точностью выявлять даже минимальные отклонения от нормы.

Применение алгоритмов глубокого обучения, таких как CNN, в рентгенографии предоставляет значительные преимущества в медицинской диагностике. Эти технологии автоматизируют процесс анализа изображений, что снижает вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором. Исследования демонстрируют, что такие алгоритмы достигают точности, сопоставимой с экспертами-радиологами, что особенно актуально при выявлении сложных заболеваний, таких как пневмония или рак легких. В некоторых случаях точность диагностики с использованием нейронных сетей превышает 90 %, что подчеркивает их потенциал в улучшении качества медицинской помощи. Вместе с тем, применение глубокого обучения в этой области можно считать, как экономически эффективным, так и экономящим время.

Эффективность диагностических методов в рентгенографии оценивается на основе ключевых критериев, таких как точность, чувствительность и специфичность. Точность, или accuracy, отражает общую правильность классификации и является важным показателем для оценки качества алгоритмов глубокого обучения. Исследования, проведённые в 2020 году и опубликованные в журнале *Nature Medicine*, продемонстрировали, что точность нейронных сетей в диагностике заболеваний на рентгеновских снимках может достигать 95–98 %. При этом чувствительность и специфичность характеризуют способность метода правильно идентифицировать наличие или отсутствие заболевания [12]. Для диагностики пневмонии нейронные сети также показывают высокие значения этих показателей, что подтверждает их эффективность.

Использование искусственного интеллекта способствует повышению точности и скорости диагностики различных заболеваний. Алгоритмы машинного обучения и нейронные сети способны анализировать массивы медицинских данных, выявлять скрытые паттерны

и предсказывать возможные диагнозы с высокой степенью точности [9, с. 3]

Сравнение нейронных сетей с традиционными методами диагностики демонстрирует значительное превосходство первых в ряде аспектов. В статье рассматриваются современные подходы к применению технологий машинного обучения для анализа клинических данных, включая примеры алгоритмов, используемых в диагностике заболеваний, прогнозировании исходов лечения и персонализации медицинских услуг [5].

Исследование, опубликованное в *The Lancet Digital Health* в 2019 году, показало, что алгоритмы глубокого обучения превосходят традиционные методы в точности определения заболеваний, таких как туберкулёз, достигая точности до 97 %. Нейронные сети также характеризуются высокой скоростью обработки данных, что позволяет анализировать тысячи изображений за считанные минуты. Это значительно превышает возможности ручной интерпретации снимков, подтверждая, что нейронные сети не только более точны, но и более эффективны в условиях высокой нагрузки на медицинские учреждения.

Примером успешного применения нейронных сетей в медицинской диагностике является исследование, опубликованное в 2020 году в журнале *Radiology*, где алгоритмы глубокого обучения использовались для диагностики пневмонии на рентгеновских снимках. Результаты показали, что точность диагностики, достигнутая с помощью этих алгоритмов, была сопоставима с точностью экспертов-рентгенологов. Это достижение подчеркивает потенциал нейронных сетей в поддержке медицинских специалистов, особенно в условиях высокой нагрузки или ограниченного доступа к квалифицированным кадрам.

Методы глубокого обучения также активно применяются в кибербезопасности. В одной из работ рассматриваются вопросы выявления компьютерных атак в сетевом трафике, а также представлены результаты анализа релевантных исследований и обзоров в этой области [3]. Таким образом, нейронные сети демонстрируют свою универсальность и эффективность в различных сферах, включая медицину и информационные технологии.

Использование нейронных сетей в медицинской практике уже демонстрирует значительные улучшения в процессах диагностики. Например, отчет Всемирной организации здравоохранения за 2021 год показывает, что применение нейронных сетей для диагностики туберкулеза на рентгеновских снимках позволило сократить время обработки данных на 40 %. Это не только ускорило постановку диагноза, но и повысило эффективность медицинских учреждений, что особенно важно

в регионах с высокой заболеваемостью и ограниченными ресурсами. В 2021 году объем суммарных инвестиций в компании, предлагающие здравоохранению решения на основе искусственного интеллекта, составил 12,2 млрд долларов [4]. Растущие инвестиции в технологию искусственного интеллекта подчеркивают их значимость и потенциал для дальнейшего развития в области здравоохранения.

Современные нейронные сети обладают значительным потенциалом в обработке и анализе рентгенографических изображений, но их внедрение связано с рядом технических сложностей. Одной из основных проблем является высокая вычислительная сложность обучения моделей. Например, обучение модели ResNet-50, которая широко используется в медицинской диагностике, с использованием набора данных ImageNet занимает около 29 часов на одном GPU NVIDIA V100. Это подчеркивает необходимость наличия мощного оборудования, что может быть недоступно для многих медицинских учреждений.

На сегодняшний день развитие рентгенодиагностических аппаратов, таких как компьютерная томография (КТ) и системы С-дуги, идет рука об руку с технологией искусственного интеллекта (ИИ). На 2025 год интеграция ИИ в эти устройства достигла новых высот благодаря прогрессу в разработке специализированных программных алгоритмов и улучшению аппаратуры.

Современные аппараты КТ и С-дуги оснащаются встроеннымися системами ИИ, способствующими автоматизированному обнаружению и классификации патологий на ранних стадиях. Примеры включают использование сверточных нейронных сетей (CNN) для детекции опухолей, воспалений и других аномалий тканей. Такие технологии позволяют существенно снизить нагрузку на медицинский персонал, ускорить процесс постановки диагноза и повысить его точность. Особенно заметен прогресс в сегментации органов и тканей, где глубокие генеративные модели, например, U-Net, демонстрируют высокую производительность и надежность.

Кроме того, в 2025 году наблюдается тенденция к созданию мультицентровых баз данных, включающих анонимизированные изображения, полученные с различных типов устройств, что способствует обучению нейронных сетей на более разнообразных наборах данных и улучшает их обобщающую способность. В результате растет доверие врачей к таким системам, повышается уверенность в принятии решений на основании рекомендаций ИИ.

Кроме того, алгоритмы нейронных сетей требуют большого количества размеченных данных для обучения [16]. В случае медицинских изображений это ослож-

няется ограниченным доступом к данным пациентов и необходимостью их ручной разметки специалистами. Важно отметить, что «нейросеть, располагая большим массивом различных КТ-томограмм легких, анализирует их и выдает заключение, есть ли патологические изменения и какие именно в конкретном образце» [7]. Эти ограничения создают значительные препятствия для масштабного применения нейронных сетей в рентгенографии.

Еще одной важной проблемой является интерпретируемость результатов, предоставляемых нейронными сетями. Эти алгоритмы часто рассматриваются как своего рода «черные ящики», поскольку их внутренние процессы сложно понять даже разработчикам. Исследование 2018 года продемонстрировало, что даже опытные специалисты не всегда могут объяснить, каким образом модель пришла к своему решению. Этот недостаток интерпретируемости особенно критичен в медицинской области, где точность и объяснимость имеют первостепенное значение. Как отмечают Курлюк, Ларченко, Даудов и Курлянская [10], «анализ медицинских данных в кардиологии требует высокой точности и быстроты». Ручной ввод данных из отчетов и анализов может приводить к ошибкам и задержкам в диагностике, что снижает эффективность лечения. Невозможность объяснить механизм работы модели вызывает недостаток доверия к результатам анализа, что может привести к ошибкам в диагностике и, как следствие, к неблагоприятным последствиям для пациентов [17].

Использование нейронных сетей в медицинской диагностике вызывает важные этические вопросы, которые требуют тщательного анализа и обсуждения. Одной из ключевых проблем является вероятность дискриминации и предвзятости в результатах, что связано с систематическими ошибками в обучающих данных. Исследование, опубликованное в 2020 году в журнале *Nature Medicine*, указывает на то, что такие ошибки могут возникать из-за недостаточной репрезентативности данных, на которых обучаются модели. Это может привести к тому, что определенные группы пациентов будут получать менее точные или качественные диагнозы.

Кроме того, конфиденциальность медицинских данных представляет собой важный аспект. Исследование 2019 года показало, что 78 % пациентов обеспокоены вопросами защиты своих данных при использовании технологий искусственного интеллекта. Это поднимает необходимость создания надежных механизмов защиты данных и обеспечения прозрачности в их обработке.

С другой стороны, в контексте конкретных приложений, таких как диагностика рака легкого, «в работе представлен обзор методов машинного обучения в диагностике рака легкого и особенностей интеллектуальных

систем, классифицирующих опухоли на изображениях, полученных на основе компьютерной томографии» [13]. Таким образом, этические аспекты, связанные с использованием нейронных сетей, требуют комплексного подхода, учитывающего как технические, так и социальные факторы.

Правовые аспекты использования технологий искусственного интеллекта в медицине представляют собой важную область, требующую внимания. В 2021 году Европейский Союз представил проект закона об искусственном интеллекте, который включает строгие требования к безопасности и прозрачности, особенно в медицинской сфере. Это подчеркивает необходимость регулирования и контроля за применением таких технологий для предотвращения потенциальных рисков. Несмотря на это, согласно отчету Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), лишь 12 % стран имеют четкие законы, регулирующие использование ИИ в здравоохранении [18]. Данная ситуация свидетельствует о необходимости международного сотрудничества и разработки унифицированных нормативных актов, которые обеспечат безопасное и этически обоснованное применение нейронных сетей в медицинской практике. Использование ИИ в телемедицине требует внимательного правового анализа для обеспечения баланса между инновационным развитием медицинских услуг и защитой прав пациентов [14].

Будущие исследования в области применения нейронных сетей в рентгенографии должны быть направлены на решение ключевых задач, таких как повышение объяснимости и интерпретируемости моделей искусственного интеллекта. Это необходимо для обеспечения доверия медицинских специалистов и пациентов к результатам, полученным с использованием этих технологий. Исследование, опубликованное в журнале 'Nature Medicine', демонстрирует, что нейронные сети могут достигать уровня точности, сопоставимого с экспертами-радиологами, что открывает новые перспективы для их использования в сложных клинических случаях. Тем не менее, для достижения этого требуется разработка методов, позволяющих врачам понимать и объяснять решения, принимаемые моделями. Важно учитывать, что «автономия пациента и право принимать разумные решения о медицинском вмешательстве принадлежат к основным этическим принципам» [8].

Для успешного внедрения нейронных сетей в клиническую практику необходимо учитывать несколько ключевых аспектов. Важным этапом является обучение медицинского персонала работе с новыми технологиями, что обеспечит их эффективное использование. Следует уделить внимание вопросам безопасности данных, поскольку медицинская информация требует надежной защиты. Кроме того, технологии должны быть адаптированы к различным клиническим условиям, чтобы их можно было применять в широком спектре медицинских учреждений. Применение нейронных сетей в медицине подтверждается множеством успешных кейсов, что свидетельствует о их потенциале для трансформации и улучшения медицинской практики.

Ярким примером этого является алгоритм, разработанный компанией Google Health, который продемонстрировал высокий уровень точности при анализе рентгеновских снимков грудной клетки. Это подчеркивает важность тестирования алгоритмов на реальных клинических данных, что является ключевым шагом для их интеграции в повседневную медицинскую практику.

В ходе исследования был проведен анализ текущих достижений в области применения нейронных сетей в рентгенографии. Установлено, что данные технологии обладают значительным потенциалом для повышения точности и скорости диагностики, что способствует снижению нагрузки на медицинский персонал. Однако выявлены и основные вызовы, включая технические ограничения, сложности интерпретации результатов и вопросы этического характера. Эти аспекты требуют особого внимания для успешного внедрения нейронных сетей в медицинскую практику.

Перспективы дальнейших исследований в данной области связаны с разработкой более интерпретируемых и надежных алгоритмов, способных адаптироваться к различным типам изображений и условиям диагностики. Также важным шагом является создание нормативной базы, регулирующей использование искусственного интеллекта в медицине, и обеспечение этической составляющей в обработке медицинских данных. Эти направления будут способствовать эффективному внедрению технологий глубокого обучения в рентгенографию, что, в свою очередь, позволит значительно улучшить качество медицинской помощи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анализ метаболического профиля человека с помощью специфических молекул-биомаркеров / О.А. Небритова, И.Л. Фуфурин, П.В. Бережанский [и др.] // Не обратимые процессы в природе и технике: Сборник статей XIII Всероссийской конференции. В 2-х томах, Москва, 28–30 января 2025 года. — Москва: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2025. — С. 168–171.
2. Васильев А.А., Шпопер Д. Искусственный интеллект: правовые аспекты // Известия АлтГУ. Юридические науки. — 2018. — № 6 (104). — С. 23–24. DOI 10.14258/izvasu (2018)6-03.
3. Гетьман А.И., Горюнов М.Н., Мацкевич А.Г., Рыболовлев Д.А., Никольская А.Г. Применение глубокого обучения для обнаружения компьютерных атак в сетевом трафике // Труды ИСП РАН. — 2023. — Т. 35, вып. 4. — С. 65–92. DOI: 10.15514/ISPRAS–2023–35(4)–3.
4. Гусев А.В., Шарова Д.Е. Этические проблемы развития технологий искусственного интеллекта в здравоохранении // Общественное здоровье. — 2023. — Т. 3, № 1. — С. 42–50. DOI: 10.21045/2782–1676-2023-3-1-42–50.
5. Зеневич В.В., Александрович Т.А., Василькова А.Н. Искусственный интеллект в здравоохранении // 2021. — Т. 2., вып.7. — С. 34.
6. Иванов А.С., Смирнова А.В. Технологии машинного обучения для анализа клинических данных: от теории к практике // Научный журнал Наука и мировоззрение. — 2022. — Т. 3. — вып. 4.
7. Ковалёв В.А. Диагноз ставит нейросеть // 2023. — Т. 5. — С. 12.
8. Кошечкин К.А., Хохлов А.Л. Этические проблемы внедрения искусственного интеллекта в здравоохранении // Медицинская этика. — 2024. — № 1. — С. 11–12. — DOI: 10.24075/medet.2024.006.
9. Кряжева Е.В., Десятков П.А. Применение искусственного интеллекта в медицинской сфере // Электронный научный журнал «Дневник науки». — 2024. — № 12. — [Электронный ресурс]. — URL: www.dnevniknauki.ru.
10. Курлюк Е.А., Ларченко Н.А., Давыдов М.В., Курлянская Е.К. Автоматизация обработки медицинских данных с использованием компьютерного зрения: подходы и перспективы внедрения в кардиологии // XIV Международная научно-техническая конференция «Медэлектроника — 2024». — Минск, Беларусь. — 2024. — С. 254–255.
11. Кьяра Галлезе-Нобиле. Правовые аспекты использования искусственного интеллекта в телемедицине // Сборник тезисов выступлений по итогам мероприятий, проведенных проектной группы в рамках реализации фундаментального исследовательского проекта по теме: «Организационно-правовые аспекты внедрения ИИ и цифровых технологий в систему оказания медицинской помощи» на факультете права Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики». — 2023, — вып. 2. — С. 11.
12. Марченко Д.В., Петрович Ю.Ю., Ефремов А.А. Успешные кейсы применения нейронных сетей в медицине // 60-я Юбилейная Научная Конференция Аспирантов, Магистрантов и Студентов БГУИР. — Минск, 2024. — С. 108–109.
13. Мелдо А.А., Уткин Л.В. Обзор методов машинного обучения в диагностике рака легкого // Искусственный интеллект и принятие решений. — 2018. — Выпуск 3. — С. 28–38. [Электронный ресурс]. — URL: <https://www.mathnet.ru/iipr213>.
14. Мещерякова А.М., Акопян Э.А., Слинин А.С. Искусственный интеллект в медицинской визуализации. Основные задачи и сценарии развития // Обзоры и дискуссии. — Москва: 000 «Платформа Третье Мнение», вып.5. — С. 98–99.
15. Омаров Б.С., Турсынова А.Т. Обзор алгоритмов машинного обучения для выявления инсульта // Инновационные технологии в науке и образовании. — XV Международная научно-практическая конференция. — 2023, — вып.1. — С. 27–28.
16. Применение методов машинного обучения для анализа инфракрасных спектров выдыхаемого человеком воздуха / И.Л. Фуфурин, П.В. Бережанский, И.С. Голяк [и др.] // Не обратимые процессы в природе и технике: Труды Двенадцатой Всероссийской конференции. В 2-х томах, Москва, 31 января — 03 2023 года. — Москва: Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет), 2023. — С. 504–508.
17. Уролбой А.У., Мейрбек Б.У., Бобирбек Н.У., Саяра Б.Д. Искусственный интеллект в медицине // «Science and Education» Scientific Journal. — 2023. — Т. 4, № 5. — С. 772–773. — ISSN 2181–0842.
18. World Health Organization. (2023). Regulatory considerations on artificial intelligence for health. World Health Organization. <https://iris.who.int/handle/10665/373421>. License: CC BY-NC-SA 3.0 IGO

© Голя Роман Дмитриевич (roma199810@mail.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»