

**Крючков Пётр Александрович**

студент

**Мошкина Любовь Викторовна**

ассистент кафедры

ФГБОУ ВО «Орловский государственный

университет им. И.С. Тургенева»

г. Орёл, Орловская область

DOI 10.21661/r-564740

## **ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В РЕНТГЕНОЛОГИИ**

***Аннотация:** в статье рассматривается влияние искусственного интеллекта на рентгенологию, в том числе анализируется вопрос повышения качества диагностики заболеваний благодаря высокой точности анализа рентгенологических снимков, выясняется возможность оптимизации рабочих процессов, включая автоматизацию обработки изображений и системы поддержки принятия решений. Исследование также затрагивает вопросы текущего применения искусственного интеллекта в рентгенологии, необходимости его дальнейшей интеграции в клиническую практику. Статья подчеркивает необходимость дальнейших исследований для успешной реализации потенциала искусственного интеллекта в здравоохранении, а также в рентгенологии как отдельной его отрасли.*

***Ключевые слова:** искусственный интеллект, медицина, рентгенология.*

Искусственный интеллект становится неотъемлемой частью современной медицины, и его применение в рентгенологии является перспективным. Рентгенологические исследования играют ключевую роль в диагностике различных заболеваний, включая легочные инфекции, опухоли и травмы. Однако традиционные методы анализа рентгеновских изображений могут быть подвержены человеческому фактору, что иногда приводит к ошибкам в диагностике.

С учетом увеличения объема медицинских данных и рентгеновских изображений, которые необходимо анализировать, внедрение искусственного интеллекта может значительно повысить точность и скорость диагностики. Алгоритмы машинного и глубокого обучения способны выявлять паттерны (рисунки с повторяющимися элементами с неочевидными границами) в изображениях, которые могут быть не заметны человеческому глазу. Это открывает новые горизонты для раннего обнаружения заболеваний и улучшения исходов лечения.

Кроме того, с ростом числа хронических заболеваний и старением населения необходимость в эффективных и быстрых методах диагностики становится все более актуальной. Искусственный интеллект в рентгенологии не только способствует повышению качества оказания медицинской помощи, но и помогает оптимизировать рабочие процессы, в некоторых случаях значительно снижая нагрузку на медицинский персонал.

Применение искусственного интеллекта в рентгенологии является важным шагом к совершенствованию диагностики и лечения, это подчеркивает актуальность его изучения в контексте современных реалий здравоохранения.

Целью настоящей работы является анализ влияния искусственного интеллекта на точность диагностики в рентгенологии, эффективность работы медицинского персонала и качество оказываемой медицинской помощи, а также выявление перспектив дальнейшего внедрения искусственного интеллекта в рентгенологию.

Для создания обзорной статьи было выполнено системное исследование существующих научных публикаций, использовались следующие материалы и методы.

#### 1. Поисковые базы данных.

Были исследованы следующие научные базы данных:

- PubMed – крупнейшая база данных медицинских публикаций;
- IEEE Xplore – источник публикаций в области инженерии и технологий, включая ИИ;
- Google Scholar – обширная база данных научных статей и диссертаций;

– ScienceDirect – база данных, содержащая статьи из научных журналов и книг;

– Cyberleninka.ru – российская научная электронная библиотека, построенная на концепции открытой науки, в значительной мере способствовавшая созданию настоящей научной статьи ввиду большого количества публикаций на тему искусственного в рентгенологии, а также в медицине в целом.

## 2. Ключевые слова и поисковые запросы.

Для поиска релевантных статей преимущественно применялись следующие ключевые слова и комбинации: «Artificial Intelligence in Radiology», «Искусственный интеллект в области рентгенологии», «Точность диагностики искусственного интеллекта», «Machine Learning X-ray», «Оптимизация рабочего процесса в рентгенологии с помощью искусственного интеллекта», «Deep Learning Radiology», «AI diagnostic accuracy», «Machine Learning X-ray», «Radiology workflow optimization AI», «Ethics AI in healthcare».

## 3. Процесс отбора статей.

На первом этапе с целью обеспечения актуальности анализируемой информации были отобраны статьи, опубликованные за последние семь лет. Статьи должны были содержать данные о применении искусственного интеллекта в рентгенологии, результаты исследований. Были исключены статьи, не относящиеся к теме, например, публикации по иным (не смежным) областям медицины или общие обзоры по искусственному интеллекту без конкретного упоминания медицины.

## 4. Результаты поиска.

В результате проведенного поиска было найдено:

- общее количество статей – более 320;
- отобранные для анализа статьи, соответствующие критериям включения – 31.

## 5. Анализ данных.

Отобранные статьи были проанализированы на предмет основных тем, методов исследования, результатов и выводов, касающихся применения искус-

ственного интеллекта в рентгенологии. Данные были систематизированы и обобщены для составления итогового обзора, что стало основой для дальнейшего обсуждения и выводов в настоящей обзорной статье.

Ключевые слова: рентгенология, искусственный интеллект, диагностика, здравоохранение.

Внедрение искусственного интеллекта в рентгенологию началось сравнительно недавно. В конце 2010-х годов он был представлен отдельными пилотными проектами компаний в медицинских организациях субъектов Российской Федерации. Наиболее масштабное проникновение технологий в данную область началось в 2020 году. Отправной точкой стал запуск московского эксперимента по использованию искусственного интеллекта для анализа и интерпретации рентгенологических и КТ-исследований [18, стр. 27].

На сегодняшний день в рентгенологии используются несколько ключевых механизмов искусственного интеллекта, которые помогают улучшить точность и эффективность диагностики [5, стр. 93; 26, стр. 155–156]. Основными из них являются алгоритмы глубокого обучения, в частности, свёрточные нейронные сети (CNN), которые широко применяются для анализа рентгеновских изображений. Они способны автоматически выявлять такие патологии, как опухоли или воспаления, обучаясь на больших объемах размеченных данных [2, стр. 109; 9, стр. 37–39].

Искусственный интеллект используется для предварительной обработки изображений, включая улучшение их качества, уменьшение шума и выделение контуров, является своеобразным ассистентом для врача-рентгенолога. Это помогает специалисту лучше видеть детали и снижает вероятность ошибок в интерпретации [6, стр. 20; 25, стр. 33].

Современный искусственный интеллект также способен классифицировать рентгеновские изображения по различным категориям (нормальные и патологические) [7, стр. 24], что в значительной степени упрощает процесс диагностики [7, стр. 26–27].

Для автоматического извлечения и анализа данных о пациентах искусственный интеллект может быть интегрирован с системами ЭМЗ (электронной медицинской записи). Такая интеграция упрощает процесс диагностики и повышает скорость оказания медицинской помощи [17, стр. 172–174].

Бесспорно, первоочередной задачей внедрения систем искусственного интеллекта в рентгенологию является снижение нагрузки на медицинский персонал, а также повышение точности проводимого анализа рентгенологических снимков. Насколько же успешно удаётся справляться с поставленной задачей внедряемым системам?

Согласно исследованиям, врачи-рентгенологи определяют полное соответствие результатов работы сервисов компьютерного зрения реальной рентгенологической картине в 64% анализируемых случаев. Процент значимых расхождений (грубых ошибок в определении патологии искусственным интеллектом) составляет 6% [18, стр. 22].

Однако это число не является пугающим. По мнению аналитиков, процент числа грубых ошибок рентгенологов в норме составляет 3–5%, а при целевых исследованиях этот процент может оказываться значительно выше [1].

Основными источниками серьезных нарушений, допускаемых искусственным интеллектом, являются:

- а) ошибки, вызванные архитектурой нейронной сети;
- б) ошибки, вызванные неправильным алгоритмом обучения нейронной сети;
- в) ошибки, связанные с некорректной разметкой обучающих нейронную сеть изображений;
- г) ошибки, вызванные плохим качеством анализируемых рентген-снимков [4, стр. 8].

Исследования, проведенные в крупных медицинских центрах, доказывают, что системы искусственного интеллекта могут успешно использоваться для автоматической интерпретации рентгеновских изображений. В одном из них было продемонстрировано, что система определяла образования, локальную перестройку

структур, локальные асимметрии и внеочаговые кальцинаты молочных желёз с высокой точностью [21, стр. 59], не уступающей опытным врачам [24, стр. 12], в другом – искусственный интеллект успешно диагностировал очаговые поражения печени, выявлял признаки жировой болезни, различал опухоли органа [14, стр. 21].

Несомненно, стимулом для развития искусственного интеллекта стала пандемия COVID-19. Авторы научных публикаций, описывающих прогресс искусственного интеллекта в рентгенологии в период коронавируса, указывают на его высокую эффективность при анализе снимков для диагностики и мониторинга пневмоний, вызванных указанным вирусом.

Алгоритмы искусственного интеллекта, разработанные в период пандемии, позволили проводить дифференциальную диагностику между различными видами пневмоний, сегментировать легкие на зоны интереса, вычислять объём пораженной паренхимы [30, стр. 9–11]. При этом алгоритмы глубокого обучения могут достигать чувствительности до 90%, а в определённых случаях до 99% при обнаружении коронавируса на рентгеновских снимках [31, стр. 968; 5, стр. 98].

Обращают на себя внимание научные работы, в которых описываются способности искусственного интеллекта в области диагностики травм позвоночника. Он учится выявлять даже небольшие изменения в структуре позвонков, которые могут остаться незамеченными врачом-рентгенологом. Искусственный интеллект способен распознавать компрессионные переломы позвонков с помощью модели морфометрического анализа, основанной на свёрточных нейронных сетях [22, стр. 93]. Разработанный двухэтапный нейросетевой алгоритм может обнаруживать переломы шейного отдела позвоночника на рентгенологических снимках [3].

Каковы перспективы внедрения искусственного интеллекта в область рентгенологии?

Последующее развитие технологий искусственного интеллекта будет способствовать дальнейшему увеличению скорости и точности постановки диагноза пациенту, тем самым повысит доступность и качество медицинской помощи.

Отдельные перспективы развития автоматизированной интерпретации рентгеновских снимков.

1. Дальнейшее развитие глубокого обучения нейронных сетей. Сервисы искусственного интеллекта в лучевой диагностике дообучат, чтобы нейросеть могла распознавать большее количество заболеваний по снимкам [19, стр. 195]. В результате врач сможет быстрее ставить точный диагноз.

2. Интеграция с другими медицинскими технологиями. Например, искусственный интеллект может использоваться для анализа КТ и МРТ-исследований, чтобы получить полное понимание о состоянии здоровья пациента. Совокупность этих данных с анализом клинических проявлений, результатов осмотра, лабораторных и инструментальных исследований поспособствует точной диагностике и назначению необходимой терапии [11].

3. Появление новых источников данных. Алгоритмы будут дообучаться на рентгеновских изображениях, сделанных на оборудовании разных производителей. Таким образом, модели искусственного интеллекта станут более универсальными, способными обрабатывать и анализировать снимки, полученные из множества источников [12, стр. 100–101].

Следует также отметить, что искусственный интеллект находит свое применение не только в рентгенологии, но и в других сферах диагностики. К примеру, активное внедрение методов компьютерного анализа в область ультразвуковой диагностики [29, стр.77] позволяет врачам получать дополнительную диагностическую информацию, оценивая в комплексе функциональное состояние женской репродуктивной системы и фолликулярного резерва [10, стр. 85]. Механизмы ультразвуковой визуализации доказали свою способность определять и дифференцировать узловые образования щитовидной железы [28, стр. 33]. Искусственный интеллект также применяется при осуществлении эндоскопических исследований, в частности в ходе проведения колоноскопии он определяет злокачественность полипов прямой кишки [20, стр. 95–101], алгоритмы также способны идентифицировать мелкие образования как нераковые.

Комплексное внедрение систем искусственного интеллекта в информационное пространство медицинских организаций влечет повышение экономической эффективности их деятельности, связанное, прежде всего, с высвобождением врачей-специалистов от рутинной работы и возможностью сосредоточиться на более трудоемких процессах при оказании медицинской помощи. Учитывая, что здравоохранение является социально-ориентированной отраслью государства, можно предположить, что заинтересованность медицинских организаций и вовлеченность врачей-специалистов в использование искусственного интеллекта, будет и в дальнейшем повышать спрос на такие системы со стороны общества. Указанное обстоятельство в перспективе приведет к развитию и совершенствованию искусственного интеллекта, как в отдельно рассматриваемой области рентгенологии, так и в здравоохранении в целом.

Несмотря на описанные выше потенциальные преимущества и перспективы, внедрение искусственного интеллекта в рентгенологию сталкивается с рядом проблем. Так, модели искусственного интеллекта требуют большого объема вводимых для обучения данных, а также их высокого качества (рентгенологических снимков). Нехватка размеченных изображений, на которую указывают авторы многих имеющихся в открытом доступе научных статей, может снизить точность алгоритмов [4, 25, 7]. Необходима также разработка методов, которые сделают выводы искусственного интеллекта более понятными для врачей и пациентов, что позволит повысить их доверие к внедряемым технологиям [6, 26, 18]. Актуальным для рассмотрения является вопрос юридической и этической ответственности за ошибки, сделанные искусственным интеллектом [16, стр. 416–418].

Итак, внедрение искусственного интеллекта в рентгенологию демонстрирует значительный потенциал для повышения точности и эффективности диагностики. Алгоритмы глубокого обучения, такие как свёрточные нейронные сети, помогают автоматически выявлять патологии и улучшать качество изображений. В дальнейшем развитие технологий искусственного интеллекта может привести к созданию точных и универсальных систем диагностики, значитель-



но снижая нагрузку на врачей-рентгенологов и совершенствуя оказание медицинской помощи населению.

### ***Список литературы***

1. Brady A.P. Error and discrepancy in radiology: inevitable or avoidable? Insights Imaging. – 2017. – №8. – С. 171–182 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://doi.org/10.1007/s13244-016-0534-1> (дата обращения: 26.03.2025). – EDN FSSDNE

2. Арбузова А.А. Диагностика пневмонии по рентгеновским снимкам с помощью сверточных нейронных сетей // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2021. – №2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/diagnostika-pnevmonii-po-rentgenovskim-snimkam-s-pomoschyu-svertochnyh-neyronnyh-setey> (дата обращения: 26.03.2025). DOI 10.21685/2227-8486-2021-2-7. EDN QZCBYO

3. Артюкова З.Р. Опыт применения сервисов искусственного интеллекта для диагностики компрессионных переломов тел позвонков по данным компьютерной томографии: от тестирования до апробации / З.Р. Артюкова, А.В. ПЕТряйкин, Н.Д. Кудрявцев [и др.] // Digital Diagnostics. – 2024. – Т. 5, №3. – С. 505–518. DOI 10.17816/DD624250. EDN BEEPQI

4. Блинов Д. С., Лобищева А. Е., Варфоломеева А. А. Нейросетевая интерпретация рентгенологического изображения грудной клетки: современные возможности и источники ошибок / Д.С. Блинов, А.Е. Лобищева, А.В. Варфоломеева [и др.] // Проблемы стандартизации в здравоохранении. – 2019. – №9–10 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/neyrosetevaya-interpretatsiya-rentgenologicheskogo-izobrazheniya-grudnoy-kletki-sovremennye-vozmozhnosti-i-istochniki-oshibok> (дата обращения: 26.03.2025). DOI 10.26347/1607-2502201909-10004-009. EDN ERPFXL

5. Борисов А.А. Применение технологий искусственного интеллекта как способ обеспечения качества выполнения рентгенографии органов грудной клетки / А.А. Борисов, Ю.А. Васильев, А.В. Владзимирский [и др.] // Менеджер здравоохранения. – 2023. – №7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

<https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-kak-sposob-obespecheniya-kachestva-vypolneniya-rentgenografii-organov-grudnoy> (дата обращения: 26.03.2025). DOI 10.21045/1811-0185-2023-7-91-101. EDN SAFTMA

6. Васильев Ю.А. Значение технологий искусственного интеллекта для профилактики дефектов в работе врача-рентгенолога / Ю.А. Васильев, А.В. Владзимирский, А.В. Бондарчук [и др.] // Врач и информационные технологии. – 2023. – Т. 2, №2023. – С. 16–27. doi: 10.25881/18110193\_2023\_2\_16. EDN SYZAOQ

7. Васильев Ю.А. Автономный искусственный интеллект для сортировки результатов профилактических лучевых исследований / Ю.А. Васильев, И.А. Тыров, А.В. Владзимирский [и др.] // Профилактическая медицина. – 2024. – Т. 27, №7. – С. 23–29. doi: 10.17116/profmed20242707123. EDN ODGHNM

8. Веселов Д.И. Обнаружение переломов шейного отдела позвоночника методами искусственного интеллекта / Д.И. Веселов, Н.А. Андриянов // Нейрокомпьютеры: разработка, применение. – 2024. – Т. 26. – №6. – С. 39–48. DOI 10.18127/j19998554-202406-06. EDN FMIQON

9. Викулова А.А. Разработка эффективной архитектуры CNN для классификации снимков рентгенограмм с COVID-19 / А.А. Викулова, Л.С. Гришина, И.П. Болдурина // Шаг в науку. – 2022. – №4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-effektivnoy-arhitektury-cnn-dlya-klassifikatsii-snimkov-rentgenogramm-s-covid-19> (дата обращения: 26.03.2025). EDN TRHCMA

10. Геворгян М.М. Использование средств компьютерного анализа изображений в оценке фолликулярного резерва / М.М. Геворгян, А.С. Мошкин, В.Н. Николенко // Киндаровские чтения, Грозный, 25.09.2024. – Грозный: Чеченский государственный университет им. А.А. Кадырова, 2024. – С. 82–86.

11. Карпенко В.В. Анализ возможностей и эффективности алгоритмов искусственного интеллекта при диагностике опухолей в радиологии (КТ, МРТ,

маммография) / В.В. Карпенко, Б.С. Рахманов // Студенческий вестник. – 2024. – №17–6(303). – С. 20–23. – EDN IZJGRE.

12. Козырь Н.С. Искусственный интеллект в радиологии: обзор российских сервисов диагностики / Н.С. Козырь, А.С. Вагина // Электронный сетевой политематический журнал «Научные труды КубГТУ». – 2024. – №5. – С. 97–110. – DOI 10.26297/2312–9409.2024.5.8. EDN JWZFGW.

13. Филиппова Ю.А. Сравнение программ искусственного интеллекта для количественной оценки поражений легких у пациентов с COVID-19 / Ю.А. Филиппова, В.Е. Синицын // StudNet. – 2021. – №6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sravnenie-programm-iskusstvennogo-intellekta-dlya-kolichestvennoy-otsenki-porazheniy-legkih-u-patsientov-s-covid-19> (дата обращения: 26.03.2025). EDN VUGCGV

14. Колсанов А.В. Виртуальное моделирование операции на печени на основе данных компьютерной томографии / А.В. Колсанов, А.А. Манукян, П.М. Зельтер [и др.] // Анналы хирургической гепатологии. – 2016. – Т. 21, №4. – С. 16–22. – DOI: 10.16931/1995-5464.2016416-22. EDN XDMOCF

15. Колсанов А.В. Виртуальное моделирование операции на печени на основе данных компьютерной томографии / А.В. Колсанов, А.А. Манукян, П.М. Зельтер [и др.] // Анналы хирургической гепатологии. – 2016. – Т. 21, №4. – С. 16–22. – DOI: 10.16931/1995-5464.2016416-22. EDN XDMOCF

16. Лазарев Е.А. Этические аспекты развития и применения искусственного интеллекта: безопасность данных, прозрачность систем и ответственность / Е.А. Лазарев // Вестник науки. – 2023. – №12 (69) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/eticheskie-aspekty-razvitiya-i-primeneniya-iskusstvennogo-intellekta-bezopasnost-dannyh-prozrachnost-sistem-i-otvetstvennost> (дата обращения: 26.03.2025).

17. Лапина М.А. Организационно-правовые и финансовые аспекты цифровизации и внедрения технологий искусственного интеллекта в области здравоохранения / М.А. Лапина // Финансы: теория и практика. – 2022. – №3 [Электронный ре-

сурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-pravovye-i-finansovye-aspekty-tsifrovizatsii-i-vnedreniya-tehnologiy-iskusstvennogo-intellekta-v-oblasti> (дата обращения: 26.03.2025). DOI 10.26794/2587-5671-2022-26-3-169-185. EDN PWITLG

18. Морозов С.П. Московский эксперимент по применению компьютерного зрения в лучевой диагностике: вовлеченность врачей-рентгенологов / С.П. Морозов, А.В. Владзимирский, Н.В. Ледихова // Врач и информационные технологии. – 2020. – №4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/moskovskiy-eksperiment-po-primeneniyu-kompyuternogo-zreniya-v-luchevoy-diagnostike-vovlechnost-vrachey-rentgenologov> (дата обращения: 26.03.2025). DOI 10.37690/1811-0193-2020-4-14-23. EDN VEWGXO

19. Мохаммед Л.Т. Эволюция искусственного интеллекта в медицине / Л.Т. Мохаммед // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов: Сборник докладов I Международной научно-практической конференции: в 2 томах, Томск, 27–29 апреля 2021 года. – Том 1. – Томск: Национальный исследовательский Томский политехнический университет, 2021. – С. 191–196. – EDN LMGSJC.

20. Мтвралашвили Д.А. Алгоритм на основе искусственного интеллекта для системы поддержки принятия врачебного решения при колоноскопии / Д.А. Мтвралашвили, Д.Г. Шахматов, А.А. Ликутов // Колопроктология. – 2023. – Т. 22, №2. – С. 92–102. – DOI: 10.33878/2073-7556-2023-22-2-92-102. EDN EUCXNN

21. Павлова В.И. Результаты научно-исследовательской работы Российского общества онкомаммологов «Использование искусственного интеллекта для раннего выявления рака молочной железы» / В.И. Павлова, Ю.А. Белая, А.Ю. Воронцов // Опухоли женской репродуктивной системы. – 2023. – №2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-nauchno-issledovatel'skoy-raboty-rossiyskogo-obschestva-onkomammologov-ispolzovanie-iskusstvennogo->

intellekta-dlya-rannego (дата обращения: 26.03.2025). DOI 10.17650/1994-4098-2023-19-2-54-60. EDN GLWOSV

22. Петряйкин А.В. Точность автоматической диагностики компрессионных переломов тел позвонков по данным морфометрического алгоритма искусственного интеллекта / А.В. Петряйкин, Ж.Е. Белая, М.Г. Беляев [и др.] // Остеопороз и остеопатии. – 2022. – Т. 25, №3. – С. 92–93. DOI 10.14341/osteo13064. EDN NIBJFS

23. Раббимова М.У. Использование искусственного интеллекта в лучевой диагностике: от обработки изображений до автоматизированной диагностики / М.У. Раббимова // Science and Innovation. – 2024. – Т.4. №2. – С. 356–362 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberlininka.ru/index.php/sai/article/view/163> (дата обращения: 26.03.2025).

24. Рожкова Н.И. Сегментационная модель скрининга рака молочной железы на основе нейросетевого анализа рентгеновских изображений / Н.И. Рожкова, П.Г. Ройтберг, А.А. Варфоломеева // Сеченовский вестник. – 2020. – №3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/segmentatsionnaya-model-skrininga-raka-molochnoy-zhelezy-na-osnove-neyrosetevogo-analiza-rentgenovskih-izobrazheniy> (дата обращения: 26.03.2025). DOI 10.47093/2218-7332.2020.11.3.4-14. EDN FOEKAM

25. Ройтберг П.Г. Технологии искусственного интеллекта в автоматизации выполнения стандартных задач врача-рентгенолога / П.Г. Ройтберг, Д.С. Блинов, В.М. Черемисин // Проблемы стандартизации в здравоохранении. – 2020. – №9–10 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/tehnologii-iskusstvennogo-intellekta-v-avtomatizatsii-vypolneniya-standartnyh-zadach-vracha-rentgenologa> (дата обращения: 26.03.2025). DOI 10.26347/1607-2502202009-10029-033. EDN NIHJFG

26. Солодкий В.А. Современные системы поддержки принятия врачебных решений на базе искусственного интеллекта для анализа цифровых маммографических изображений / В.А. Солодкий, А.Д. Каприн, Н.В. Нуднов [и др.] //

Вестник рентгенологии и радиологии. – 2023. – №104 (2). – С. 151–162. doi: 10.20862/0042-4676-2023-104-2-151-162. EDN ZMHPDG

27. Сперанская А.А. Роль искусственного интеллекта в оценке прогрессирующих фиброзирующих болезней легких / А.А. Сперанская // Терапевтический архив. – 2022. – №3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/rol-iskusstvennogo-intellekta-v-otsenke-progressiruyuschih-fibroziruyuschih-bolezney-legkih> (дата обращения: 26.03.2025). DOI 10.26442/00403660.2022.03.201407. EDN QVCUWW

28. Трухин А.А. Роль искусственного интеллекта в дифференциальной ультразвуковой диагностике узловых образований щитовидной железы / А.А. Трухин, С.М. Захарова, М.Е. Дунаев // Клиническая и экспериментальная тиреоидология. – 2022. – Т. 18. №2. – С. 32–38. DOI: 10.14341/ket12730. EDN MLVJBB

29. Утаева У.А. Искусственный интеллект в УЗИ; как машинное обучение улучшает диагностику / У.А. Утаева, С.Х. Атаева // Boffin Academy. – 2025. – Т. 3. №1. – С. 75–79.

30. Филиппова Ю.А. Возможности применения методов искусственного интеллекта в выявлении и оценке поражения легких у пациентов с пневмонией COVID-19 / Ю.А. Филиппова, Г.И. Ахвердиева // E-Scio. – 2023. – №5 (80) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozmozhnosti-primeneniya-metodov-iskusstvennogo-intellekta-v-vyyavlenii-i-otsenke-porazheniya-legkih-u-patsientov-s-pnevmoniey> (дата обращения: 26.03.2025).

31. Щетинин Е.Ю. Обнаружение коронавирусной инфекции COVID-19 на основе анализа рентгеновских снимков грудной клетки методами глубокого обучения / Е.Ю. Щетинин // КО. – 2022. – №6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obnaruzhenie-koronavirusnoy-infektsii-covid-19-na-osnove-analiza-rentgenovskih-snimkov-grudnoy-kletki-metodami-glubokogo-obucheniya> (дата обращения: 26.03.2025). DOI 10.18287/2412-6179-CO-1077. EDN SJAPDT