



ЦЕНТР ДИАГНОСТИКИ
И ТЕЛЕМЕДИЦИНЫ

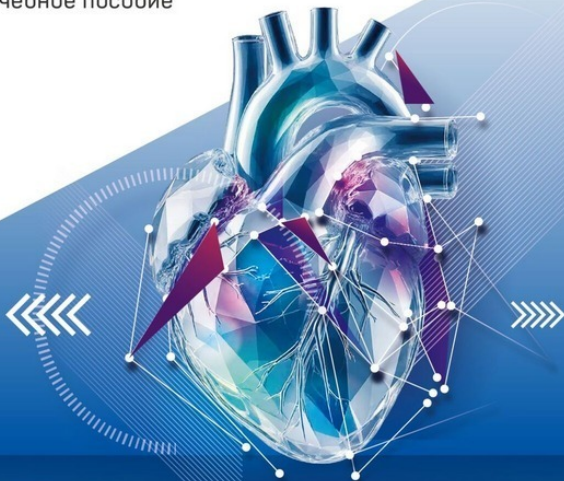
Научно-практический клинический центр
диагностики и телемедицинских технологий
Департамента здравоохранения города Москвы

Ю. А. Васильев, А. В. Бажин, А. В. Владзимирский, К. М. Арзамасов,
И. А. Блохин, А. А. Борисов, О. И. Мынко, О. В. Омелянская, А. П. Памова,
А. В. Петрайкин, А. Н. Хоружая

ПРИМЕНЕНИЕ МЕДИЦИНСКИХ ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В ЛУЧЕВОЙ ДИАГНОСТИКЕ

Компьютерная томография головного мозга,
компьютерная томография и рентгенография
органов грудной клетки, маммография

Учебное пособие



Рекомендовано Координационным советом по области
образования «Здравоохранение и медицинские науки»

Москва, 2026

Анна Николаевна Хоружая
Кирилл Михайлович Арзамасов
Александр Владимирович Бажин
Юрий Александрович Васильев
Анастасия Петровна Памова
Алексей Владимирович Петряйкин
Ольга Васильевна Омелянская
Олег Игоревич Мынко
Иван Андреевич Блохин
Антон Вячеславович Владзимирский
Александр Александрович Борисов

**Применение медицинских
изделий на основе технологий
искусственного интеллекта
в лучевой диагностике.
Компьютерная томография
головного мозга, компьютерная
томография и рентгенография
органов грудной клетки,
маммография. Учебное пособие**

*http://www.litres.ru/pages/biblio_book/?art=73871167
ISBN 9785006976115*

Аннотация

Рекомендовано Координационным советом по области образования «Здравоохранение и медицинские науки» в качестве учебного пособия для использования в образовательных учреждениях, реализующих основные профессиональные образовательные программы высшего образования для подготовки кадров высшей квалификации

по программам ординатуры по специальности
31.08.09 «Рентгенология» (протокол №095 от 18.12.2025, рег.
№3481 ЭКУ от 18.12.2025).

Содержание

Информация об издании	8
Список сокращений	10
Введение	11
Глава 1. Базовые принципы применения технологий искусственного интеллекта в лучевой диагностике	17
Глава 2. Основные способы и модели применения технологий искусственного интеллекта в лучевой диагностике	24
Конец ознакомительного фрагмента.	28

**Применение
медицинских изделий
на основе технологий
искусственного интеллекта
в лучевой диагностике
Компьютерная томография
головного мозга,
компьютерная томография
и рентгенография
органов грудной
клетки, маммография.
Учебное пособие**

Авторы: Васильев Юрий Александрович, Бажин Александр Владимирович, Владзимирский Антон Вячеславович, Арзамасов Кирилл Михайлович, Блохин Иван Андреевич,

Борисов Александр Александрович, Мынко Олег Игоревич,
Омелянская Ольга Васильевна, Памова Анастасия Петровна,
Петрайкин Алексей Владимирович, Хоружая Анна Николаевна

Редактор Анжелика Ивановна Овчарова

Верстка Екатерина Дмитриевна Бугаенко

Дизайн обложки Екатерина Дмитриевна Бугаенко

© Юрий Александрович Васильев, 2026

© Александр Владимирович Бажин, 2026

© Антон Вячеславович Владзимирский, 2026

© Кирилл Михайлович Арзамасов, 2026

© Иван Андреевич Блохин, 2026

© Александр Александрович Борисов, 2026

© Олег Игоревич Мынко, 2026

© Ольга Васильевна Омелянская, 2026

© Анастасия Петровна Памова, 2026

© Алексей Владимирович Петрайкин, 2026

© Анна Николаевна Хоружая, 2026

ISBN 978-5-0069-7611-5

Создано в интеллектуальной издательской системе Ridero

Информация об издании

Учебное пособие подготовлено авторским коллективом в рамках НИР «Научные методологии устойчивого развития технологий искусственного интеллекта в медицинской диагностике» (№ ЕГИСУ: 123031500004—5) в соответствии с приказом Департамента здравоохранения города Москвы от 17.12.2024 №1184 «Об утверждении государственных заданий, финансовое обеспечение которых осуществляется за счет средств бюджета города Москвы, государственным бюджетным (автономным) учреждениям, подведомственным Департаменту здравоохранения города Москвы, на 2025 год и плановый период 2026 и 2027 годов»

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Нуднов Николай Васильевич – доктор медицинских наук, профессор, заместитель директора по научной работе, заведующий НИО комплексной диагностики заболеваний и радиотерапии ФГБУ «Российский научный центр рентгенорадиологии» Минздрава России

Лебедев Георгий Станиславович – доктор технических наук, профессор, директор Центра цифровой медицины, заведующий кафедрой информационных технологий и обработки медицинских данных ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский универси-

тет им. И. М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский
Университет)

Список сокращений

ЕГИСЗ – Единая государственная информационная система в сфере здравоохранения

ЗНО – злокачественное новообразование

ИИ – искусственный интеллект

КТ – компьютерная томография

МИ – медицинские изделия

ОГК – органы грудной клетки

ОНМК – острое нарушение мозгового кровообращения

ППВР – поддержка принятия врачебных решений

СМА – средняя мозговая артерия

СППВР – система поддержки принятия врачебных решений

ТИИ – технологии искусственного интеллекта

Введение

*Машина имеет свойство приводить
к неожиданным выводам.*

*Привычное для врача машина часто видит
нешаблонным,*

*и это заставляет человека приходить
к парадоксальным выводам.*

*Она способна находиться в непрерывном
состоянии напряжения,*

что для человека абсолютно недоступно.

А бесконечная память машины

может сохранить человеку уйму времени.

А. А. Вишневский

В основу учебного пособия положены научные и практические результаты Московского эксперимента по использованию инновационных технологий в области компьютерного зрения для анализа медицинских изображений и дальнейшего применения этих технологий в системе здравоохранения за 2020—2025 гг., а также практический опыт клинических испытаний, внедрения и применения в практическом здравоохранении медицинских изделий с технологиями искусственного интеллекта (МИ с ТИИ).

Цель – приобретение и повышение обучаемыми лицами необходимых компетенций, знаний, умений и навыков

по применению медицинских изделий с технологиями искусственного интеллекта при анализе, интерпретации и описании результатов определенных видов лучевых исследований.

Задачи:

- изучение базовых принципов, цели и задач применения технологий искусственного интеллекта в лучевой диагностике;
- изучение основных методических способов и моделей применения медицинских изделий с технологиями искусственного интеллекта в лучевой диагностике;
- освоение компетенций и навыков по применению МИ с ТИИ при интерпретации и описании результатов компьютерной томографии головного мозга, органов грудной клетки, рентгенографии (флюорографии) органов грудной клетки, профилактической маммографии;
- изучение данных о точности и эффективности МИ с ТИИ в лучевой диагностике;
- изучение способов применения платформы «МосМедИИ» в практике врача-рентгенолога;
- обеспечение уровня компетенций и навыков в соответствии с требованиями профессионального стандарта «Врач-рентгенолог»¹.

¹ Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 19.03.2019 №160н «Об утверждении профессионального стандарта „Врач-

Требования к входным знаниям, компетенциям и умениям для проведения занятий: теоретические знания и практические навыки в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования – специалитета по специальностям 31.05.01 «Лечебное дело», 31.05.02 «Педиатрия», ординатуры по специальности 31.08.09 «Рентгенология»².

Изучение пособия направлено на дальнейшее формирование у обучающихся следующих основных компетенций:

- способен применять медицинские изделия, предусмотренные порядком оказания медицинской помощи, а также проводить обследования пациента с целью установления диагноза (ОПК-4);

- способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности с использованием информационных, библиографических ресурсов, медико-биологической терминологии, информационно-коммуникационных технологий с уче-

рентгенолог“».

² Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 12.08.2020 №988 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 31.05.01 «Лечебное дело»; приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 12.08.2020 №965 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 31.05.02 «Педиатрия»; приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 25.08.2014 №1051 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 31.08.09 «Рентгенология».

том основных требований информационной безопасности (ОПК-10);

– готовность к определению у пациентов патологических состояний, симптомов, синдромов заболеваний, нозологических форм в соответствии с Международной статистической классификацией болезней и проблем, связанных со здоровьем (МК-5);

– готовность к применению методов лучевой диагностики и интерпретации их результатов (ПК-6).

Пособие также направлено на формирование дополнительной компетенции:

– способность оказывать медицинскую помощь с применением медицинских изделий на основе технологий искусственного интеллекта.

В результате изучения материала обучаемый должен:

• **знать:**

– принципы, цель, задачи, способы и модели применения медицинских изделий с технологиями искусственного интеллекта в работе врача-рентгенолога;

– основные возможности и ограничения медицинских изделий с технологиями искусственного интеллекта, предназначенных для автоматизированной обработки результатов компьютерной томографии головного мозга, органов грудной клетки, рентгенографии (флюорографии) органов грудной клетки, профилактической маммографии;

– основные показатели диагностической точности медицинских изделий с технологиями искусственного интеллекта, применяемых в работе врача-рентгенолога;

• *уметь:*

– интерпретировать и анализировать полученные при рентгенологическом исследовании результаты, выявлять рентгенологические симптомы и синдромы предполагаемого заболевания с применением медицинских изделий на основе технологий искусственного интеллекта;

– выполнять измерения при анализе изображений с применением медицинских изделий на основе технологий искусственного интеллекта;

– использовать МИ с ТИИ, интегрированные на платформу «МосМедИИ» и/или в информационные системы в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации;

• *владеть:*

– навыками использования автоматизированных систем на основе технологий искусственного интеллекта для анализа, интерпретации и описания результатов лучевых исследования;

– навыками документирования результатов применения медицинских изделий на основе ТИИ.

Изучение материала рассчитано на 12 академических часов самостоятельной работы. Для успешного освоения материала рекомендуется наличие доступа: к радиологической информационной системе (предпочтительно использовать

систему, развернутую в учебном компьютерном классе, или макет автоматизированного рабочего места врача-рентгенолога); сети Интернет для ознакомления со ссылками на цитируемые материалы. В целях проверки усвоения информации предусмотрены ответы на вопросы для самоконтроля.

Глава 1. Базовые принципы применения технологий искусственного интеллекта в лучевой диагностике

Национальная стратегия развития искусственного интеллекта в Российской Федерации на период до 2030 г.³ устанавливает цели и основные задачи такого развития, а также меры, направленные на использование искусственного интеллекта для обеспечения национальных интересов и реализации стратегических национальных приоритетов, в том числе в области научно-технологического развития.

Стратегия предусматривает следующее определение: **искусственный интеллект (ИИ)** – комплекс технологических решений, позволяющий имитировать когнитивные функции человека (включая поиск решений без заранее заданного алгоритма) и получать при выполнении конкретных задач результаты, сопоставимые с результатами интеллектуальной деятельности человека или превосходящие их. Комплекс технологических решений включает в себя информационно-коммуникационную инфраструктуру, программное

³ Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 №490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации».

обеспечение (в том числе то, в котором используются методы машинного обучения), процессы и сервисы по обработке данных и поиску решений.

В октябре 2019 г. Национальная стратегия прямо установила, что использование ТИИ в социальной сфере способствует созданию условий для улучшения уровня жизни населения, в том числе за счет повышения качества услуг в сфере здравоохранения, включая профилактические обследования, диагностику, основанную на анализе изображений, прогнозирование возникновения и развития заболеваний, подбор оптимальных дозировок лекарственных препаратов, сокращение угроз пандемий, автоматизацию и точность хирургических вмешательств.

Из этого следует, что именно лучевая диагностика – одна из ключевых сфер для внедрения и масштабного применения ТИИ. Базовые принципы такого применения систематизированы в предварительном национальном стандарте ПНСТ 873—2023 «Системы искусственного интеллекта в лучевой диагностике. Основные положения»⁴, который и цитируется далее.

В лучевой диагностике ТИИ предназначены для:

- 1) повышения доступности, безопасности и качества оказания медицинской помощи;
- 2) автоматизации рутинных операций, связанных с интер-

⁴ ПНСТ 873—2023. Системы искусственного интеллекта в лучевой диагностике. Основные положения. М.: Российский институт стандартизации, 2023. 12 с.

претацией медицинских изображений;

3) повышения производительности труда и эффективности использования ресурсов, в первую очередь – кадровых.

Перечисленные положения можно считать **целями** применения ИИ в лучевой диагностике. **Задачами** в таком случае являются:

- прием (ввод данных), обработка и передача медицинских изображений, содержащих в том числе метаинформацию об объектах и параметрах изображений;
- интерпретация медицинских изображений;
- сортировка медицинских изображений по вероятному наличию патологии с целью оптимизации работы врача;
- формирование текстового описания результатов анализа;
- формирование графической разметки/дополнительных изображений с результатами анализа;
- формирование системного сообщения с целью маршрутизации на основании результатов анализа.

Приведенные цели и задачи зафиксированы в ПНСТ 873 —2023.

Технологии искусственного интеллекта служат основой программного обеспечения и аппаратно-программных комплексов, которые в обязательном порядке получают статус **медицинского изделия** согласно действующему законодательству.

Медицинские изделия на основе ТИИ для лучевой диа-

гностики обязательно строго соответствуют требованиям качества, безопасности и эффективности, установленным нормативно-правовыми актами, клиническими рекомендациями, национальными стандартами и прочими релевантными документами.

Согласно ПНСТ 873—2023, программные продукты на основе ТИИ для лучевой диагностики разделяются на группы по:

- методам и методикам исследований, с использованием которых получены медицинские изображения (рентгенография, маммография, компьютерная томография, магнитно-резонансная томография, ультразвуковая диагностика и др.);
- назначению (сегментирование, классификация, идентификация и их комбинация, морфометрия, контроль качества выполнения исследования, мониторинг признака патологических изменений во времени, а также предсказание развития процесса);
- количеству анализируемых органов/тканей/анатомических областей на наличие патологических изменений (для распознавания (анализа) медицинских изображений на наличие патологических изменений одного органа; комплексные решения);
- видам патологических изменений/целевых патологий, выявляемых при одной обработке изображения;
- входным данным (одно исследование, серия исследова-

ний (в динамике) или исследование с клинической информацией);

- способам обучения производителем конкретного продукта в процессе эксплуатации (повторное или непрерывное);

- параметрам эффективности и точности;

- методам управления знаниями и методам обучения;

- производительности;

- системной совместимости.

Технически МИ на основе ТИИ подключаются и интегрируются с автоматизированными рабочими местами (системами архивирования и передачи изображений (т. н. PACS)), медицинскими информационными системами медицинских организаций, государственными информационными системами в сфере здравоохранения субъектов Российской Федерации (централизованными архивами медицинских изображений в их составе), с Единой государственной информационной системой в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ).

Отдельным специальным техническим сценарием является интеграция медицинских изделий на основе ТИИ с платформой «МосМедИИ» (<https://мосмедии.рф/>), предназначенной для организации и предоставления доступа государственным медицинским организациям к лучшим решениям на основе ТИИ.

Между перечисленными информационными системами и МИ на основе ТИИ происходит обмен данными – без-

условно, с учетом полного комплекса мер защиты информации, обеспечения конфиденциальности персональных данных, сохранения врачебной тайны.

На условный «вход» МИ на основе ТИИ поступают результаты лучевых исследований в стандарте DICOM, опционально – клинические данные из карты пациента, различные метаданные.

Условный «выход» содержит:

- системное сообщение для направления в информационную систему;
- текстовое заключение в формате DICOM Structured Report;
- дополнительную серию изображений с графическими и буквенно-числовыми результатами работы ТИИ (в частности, в формате DICOM Secondary Capture).

Текстовое заключение содержит детальное описание признаков аномалии и патологии, если применимо, то релевантных пороговых значений (например, максимальный размер сосудов, объем пораженной ткани и т.д.); информацию о наименовании, изготовителе и версии примененного МИ на основе ТИИ⁵. Описание в обязательном порядке формируется с использованием стандартизованных систем анализа и протоколирования результатов лучевых исследований (напри-

⁵ ГОСТ Р 59921.6—2021. Системы искусственного интеллекта в клинической медицине. Часть 6. Общие требования к эксплуатации. М.: Российский институт стандартизации, 2021. 12 с.

мер, международной системы – Reporting and Data System (RADS) и прочих аналогов), в первую очередь тех, которые включены в клинические рекомендации.

В ходе применения ТИИ в обязательном порядке обеспечивается сохранение исходного изображения и всех исходных данных в неизменном виде⁶.

Результаты работы МИ на основе ТИИ представляют собой электронные медицинские записи⁷, включаемые в электронную медицинскую карту пациента для возможного дальнейшего использования уполномоченным медицинским работником – специалистом в области лучевой диагностики.

⁶ ПНСТ 873—2023. Системы искусственного интеллекта в лучевой диагностике. Основные положения. М.: Российский институт стандартизации, 2023. 12 с.

⁷ В соответствии с приказом Минздрава России от 07.09.2020 №947н «Об утверждении Порядка организации системы документооборота в сфере охраны здоровья в части ведения медицинской документации в форме электронных документов».

Глава 2. Основные способы и модели применения технологий искусственного интеллекта в лучевой диагностике

Основные методические способы и организационные модели применения МИ на основе ТИИ в лучевой диагностике:

- автоматизированная морфометрия;
- контроль качества;
- поддержка принятия врачебных решений;
- оппортунистический скрининг;
- двойной просмотр;
- автономная сортировка.

NB! На практике границы между отдельными способами и моделями достаточно условны. Обычно имеют место комбинация и взаимное дополнение; например, автоматизированная морфометрия – это, по сути, базовая функция, так или иначе входящая в состав всех прочих способов применения ТИИ.

Автоматизированная морфометрия – получение количественных характеристик результатов лучевого исследования посредством применения ТИИ (включая измерение анатомических структур, патологических проявлений или

иных объектов, расчет связанных индексов и показателей, а также сравнение измеренных величин).

Благодаря использованию МИ на основе ТИИ с функционалом морфометрии врач-рентгенолог не выполняет измерения самостоятельно, а получает объективные количественные данные, сформированные автоматически.

Методически автоматизированная морфометрия представляет собой *базовую функцию* ТИИ для анализа результатов лучевых исследований.

Возможны два варианта автоматизированной морфометрии.

1. Врач-рентгенолог верифицирует и подтверждает результаты работы МИ на основе ТИИ, в том числе путем выполнения повторных измерений, вносит их в протокол и визирует.

2. Автономный – верификация не производится, результаты работы ТИИ сразу вносятся в карту пациента в виде электронной медицинской записи (приложения к протоколу) без визирования врачом.

Автоматизированная морфометрия направлена на устранение механистического труда, ручных измерений, сокращение длительности процесса описания результатов исследования и повышение производительности труда. Поэтому полностью предпочтителен второй, автономный вариант морфометрии, который максимально исключает «ручной» труд врача-рентгенолога по выполнению или верификации изме-

рений.

Автоматизированный контроль качества – поиск, выявление и классификация посредством ТИИ дефектов и артефактов диагностического изображения, возникающих при непосредственном его получении в ходе лучевого исследования.

Автоматизированный контроль качества – **базовая функция**, обязательно применяемая во всех МИ на основе ТИИ. Она предусматривает способность МИ определять на анализируемом изображении:

- корректность выбора границ исследования (полноту охвата целевого органа);
- нарушения укладки и позиционирования;
- устранимые и неустранимые артефакты от инородных тел;
- корректность выбора физико-технических параметров регистрации изображения.

При выявлении технических дефектов МИ на основе ТИИ должно сформировать и направить сообщение об ошибке, которое может представлять собой как детальное сообщение о характере и виде дефектов, так и простое уведомление о необходимости повторного выполнения исследования. Для определенных видов лучевых исследований и типов дефектов возможно выполнение автоматизированного анализа в соответствии с основным предназначением МИ на основе ТИИ, однако и в таком случае в сопровождении

тельный текстовый документ для врача помещается сообщение о выявленных дефектах.

Конец ознакомительного фрагмента.

Текст предоставлен ООО «Литрес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на Литрес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.