

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ В.Н. ТАТИЩЕВА**

Кафедра информационных технологий

**ОТЧЕТ**

**о прохождении учебной практики**

студента 1 курса группы ПИ-15 очной формы обучения  
факультета цифровых технологий и кибербезопасности

Мартынова Виктора Александровича

---

Сроки проведения практики с «9» декабря 2024 г. по «12» января 2025 г.

Оценка \_\_\_\_\_

Руководитель практики \_\_\_\_\_ Ханова А.А., профессор

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 г.

## Содержание

<b>ВВЕДЕНИЕ</b> .....	3
1 Общая характеристика работы .....	4
2 Обзор известных методов и средств решения проблемы .....	8
2.1 Описание предметной области .....	8
2.2 Этапы развития технологий искусственного интеллекта в медицине .....	10
2.3 Сравнение и оценка научных, методологических, технологических, алгоритмических, программных решений по теме исследования .....	11
2.4 Подробное описание механизмов работы с изображениями .....	14
2.5 Подробное описание языковой модели .....	15
2.6 Описание PACS – системы .....	16
2.7 Постановка задачи исследования .....	17
<b>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</b> .....	20
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ А Автореферат</b> .....	24

## ВВЕДЕНИЕ

Целью учебной практики является изучение научных, методологических, технологических, алгоритмических и программных методов разработки искусственного интеллекта для анализа медицинских изображений.

Также в ходе практики будут рассмотрены возможности совместного внедрения механизмов машинного зрения и языковых моделей. Подразумевается, что при помощи машинного зрения система будет получать входную информацию для дальнейшего анализа, а языковая модель будет выступать в роли эксперта, который формирует первичное заключение исходя из информации, которая была получена из изображения.

Помимо этого, также будет затронут вопрос возможности объединения вышеописанных механизмов с системой хранения медицинских изображений PACS.

В ходе учебной практики необходимо рассмотреть следующие задачи:

1. Описание актуальности вопросов внедрения систем искусственного интеллекта в систему здравоохранения.
2. Описание разработки искусственного интеллекта для анализа медицинских изображений с указанием национальных проектов, или приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в РФ и критических технологий или Федеральных целевых программ.
3. Сравнение и оценка научных, методологических, технологических, алгоритмических, программных решений по теме исследования «Анализ цифровых рентгеновских снимков с использованием технологий искусственного интеллекта».
4. Постановка задачи исследования.
5. Создание макета автореферата и проекта статьи по теме исследования «Анализ цифровых рентгеновских снимков с использованием технологий искусственного интеллекта».

## 1 Общая характеристика работы

**Актуальность темы исследования.** Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой одну из наиболее значительных технологических революций XXI века, оказывая глубокое влияние на различные сферы человеческой деятельности. В частности, медицина, как область, требующая высокой степени точности и эффективности, становится ареной активного внедрения ИИ-технологий. Современные достижения в области машинного обучения, обработки естественного языка и анализа больших данных открывают новые горизонты для диагностики, лечения и управления заболеваниями.

Актуальность разработки любых систем искусственного интеллекта корнями уходит в поиск возможностей частичной или полной автоматизации рутинных операций, которые до этого выполняются человеком. В части анализа медицинских изображений, весь процесс можно разбить на несколько этапов. Примером послужит рентгенодиагностическое исследование:

1. Формирование рентгеновского изображения аппаратными средствами рентгенодиагностического комплекса рентгенолаборантом.
2. Первичная обработка изображения рентгенолаборантом (кадрирование, выравнивание параметров яркости и контрастности изображения, обозначение проекций).
3. Запись изображения и сопутствующей информации в систему хранения рентгеновских изображений.
4. Получение изображения и сопутствующей информации врачом-рентгенологом на свою рабочую станцию.
5. Анализ изображения, поиск отклонений врачом-рентгенологом.
6. Формирование врачом-рентгенологом текстового заключения на основании полученной из изображения информации.

В настоящее время процесс рентгенодиагностики уже является достаточно высокотехнологичным в силу повсеместного внедрения компьютерных систем. На смену плёночным носителям рентгеновских изображений, пришла цифровая технология их получения. С другой стороны, пункты 1-2, описанные выше, пока не позволяют внедрять системы искусственного интеллекта, так как работа рентгенолаборанта заключается в правильном позиционировании как пациента, так и штативного устройства.

Пункты 3-4 на данный момент уже хорошо автоматизированы в большинстве систем, так как требуют применения типовых технологий.

Основной интерес вызывают пункты 5-6, так как в этом заключается основная работа врача-рентгенолога и она носит массовый характер. Для пункта 5 актуальным будет

внедрение механизма машинного зрения, что позволит проводить поиск возможных аномалий и отклонений независимо от врача и в процессе работы система сможет формировать собственный «взгляд» на исследование.

В свою очередь, для пункта 6 можно применить языковые модели. Особенностью данного подхода станет формирование нескольких предложений, касательно каждой обнаруженной аномалии на изображении. В перспективе такой приём может позволить сократить временные затраты на анализ каждого исследования, а соответственно повысить эффективность системы рентгенодиагностики.

Российская система здравоохранения нуждается в повышении своей эффективности за счёт привлечения большого потока специалистов, но это не всегда возможно в условиях географических особенностей. Национальная академия медицинского образования имени Н.А. Бородина провела исследование и опубликовала статью на портале ДЗЕН [1]. В данной статье основной акцентировано внимание на причины нехватки врачей, которые заключаются в том числе и в неравномерном распределении кадров по стране. Существует большое количество причин данному явлению, но всё сводится к различному уровню жизни в регионах, что влияет также на уровень зарплат специалистов. Это приводит к оттоку специалистов в столичные регионы.

Помимо проблемы миграции специалистов, также существует общая нехватка кадров в отрасли. На заседании экспертного совета по здравоохранению в Совете Федерации по социальной политике в 2023 году прозвучало, что потребность в кадрах составляет 29 тысяч врачей и 63 тысячи средних медицинских работников. Об этом свидетельствует статья на портале РИА Новости [2].

Таким образом, в ближайшие годы с малой вероятностью произойдет насыщение системы здравоохранения необходимым количеством специалистов. В данном случае, для повышения эффективности необходимо внедрять решения, обладающие возможностью для снижения затрат ресурсов для медицинского обслуживания населения.

**Степень разработанности темы.** Проблема создания систем искусственного интеллекта для анализа медицинских изображений исследуется повсеместно. Например в работе Горюшкина Е.И. и Антипина А.В. описывается метод решения данной проблемы с помощью языковых моделей, а именно CHATGPT [3]. Камышанская И.Г., Черемисин В.М., Питель Е.С., Садуакасова А.Б. в своей работе описывают современное состояние рентгентехники и рентгенологии в России, указывая что «Современный период развития рентгентехники следует также рассматривать как переходный, когда сосуществуют классическая плёночная аппаратура и современное цифровое оборудование» [4]. В обзоре

медицинского программного обеспечения с искусственным интеллектом, составленным Ненашевой Е.А., повествуется о зарубежном ПО «OsteoDetect», которое специализируется на оценке специфичных областей дистального конца лучевой кости, где обычно возникают трещины [5]. В обзорной статье Кульбакина Д.Е., Чойнзонова Е.Л., Толмачева И.В., Старикова Ю.В., Стариковой Е.Г., Кавериной И.С. приводятся перспективы использования технологий искусственного интеллекта для диагностики онкологии [6]. В работе Башлы П.Н. и Вербова В.Ф. [7], а также Зиязетдиновой Л.Ю. [8] описывается возможность применения технологий машинного обучения для автоматического анализа снимков, полученных рентгеновским методом.

На текущий момент широкое распространение систем для анализа медицинских изображений отсутствует. Проводятся эксперименты по внедрению таких систем в Москве, что может говорить о не скором внедрении подобных решений по всей территории России.

**Объект исследования** – Рентгеновские изображения, используемые в медицинской диагностике, и их интерпретация с помощью технологий искусственного интеллекта.

**Предмет исследования** – Методы и алгоритмы искусственного интеллекта, применяемые для анализа рентгеновских изображений.

**Цель диссертационной работы** – улучшение качества существующих и поиск новых решений для анализа рентгеновских снимков с использованием технологий искусственного интеллекта.

Для достижения поставленной цели требуется выполнение следующих задач:

1. Проанализировать существующие подходы к разработке ИИ для анализа медицинских изображений и осуществить поиск готовых решений, основанных на принципах открытого исходного кода.
2. Разработать метод анализа цифровых рентгеновских снимков с использованием технологий искусственного интеллекта.
3. Создать алгоритм машинного зрения для распознавания рентгеновских изображений.
4. Разработать языковую модель для составления текстового описания обнаруженных аномалий.
5. Разработать систему поддержки принятия решений **на** основе **метода** анализа цифровых рентгеновских снимков с использованием технологий искусственного интеллекта.

**Научная новизна** диссертационного исследования заключается в следующем:

1. Разработан метод анализа цифровых рентгенограмм органов грудной клетки с использованием алгоритма машинного зрения.
2. Разработан метод формирования текстовых подсказок областей интереса с использованием языковой модели.

**Теоретическая значимость работы.**

Работа вносит вклад в развитие теории анализа медицинских изображений при помощи технологий искусственного интеллекта. Предложенные теоретические положения описывают методы сбора данных, разработки алгоритмов машинного обучения для формирования механизма распознавания медицинских изображений. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейших исследований в области искусственного интеллекта и медицинской диагностики.

**Практическая значимость работы.** В рамках работы создаётся информационная система, выступающая в роли интерактивного справочника с возможностью анализа поступающих рентгеновских изображений. Данная система содержит в своём составе сервис для анализа изображений методами машинного зрения, языковую модель для составления предварительного диагноза, пакет программного обеспечения для хранения и систематизации рентгеновских изображений, также известная как PACS-система.

**Методы исследования.** Системный анализ, теория управления и принятия решений, методы машинного обучения, теория вероятностей и математическая статистика, методы объектно-ориентированного проектирования, процедурные методы разработки программного обеспечения.

**Выводы, выносимые на защиту.**

1. Метод анализа медицинских изображений методами машинного зрения.
2. Языковая модель для описания областей интереса на изображениях в текстовом виде.

## **2 Обзор известных методов и средств решения проблемы**

### **2.1 Описание предметной области**

Искусственный интеллект (ИИ) в медицине представляет собой быстро развивающуюся область, которая сочетает в себе передовые технологии обработки данных, машинного обучения и анализа больших данных для улучшения диагностики, лечения и управления здравоохранением. В последние годы ИИ стал важным инструментом в различных аспектах медицинской практики, включая радиологию, патоморфологию, геномику, клиническую практику и управление медицинскими учреждениями.

Одной из ключевых областей применения ИИ в медицине является диагностика заболеваний. Алгоритмы машинного обучения, обученные на больших объемах медицинских изображений, могут эффективно выявлять патологии, такие как рак, пневмония и другие заболевания, с точностью, сопоставимой с опытными специалистами. Например, системы, использующие глубокое обучение, способны анализировать рентгеновские снимки и МРТ, предоставляя врачам дополнительные инструменты для принятия решений.

Несмотря на значительные преимущества, использование ИИ в медицине также сопряжено с рядом вызовов. Это включает вопросы этики, конфиденциальности данных, а также необходимость валидации и стандартизации алгоритмов. Важно обеспечить, чтобы решения, принимаемые на основе ИИ, были прозрачными и объяснимыми для медицинских работников и пациентов.

В 2024 году заканчивается цикл национальных проектов и уже в 2025 году планируется внедрение новых. Направления новых национальных проектов продолжают ранее заданный правительством вектор развития.

Национальные проекты и приоритетные направления:

- Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 «О развитии искусственного интеллекта в Российской Федерации». Указ сформирован в целях обеспечения ускоренного развития искусственного интеллекта в Российской Федерации, проведения научных исследований в области искусственного интеллекта, повышения доступности информации и вычислительных ресурсов для пользователей, совершенствования системы подготовки кадров в этой области [9].

- Национальный проект «Продолжительная и активная жизнь». Нацпроект поможет к 2030 году увеличить ожидаемую продолжительность жизни до 78 лет, а к 2036 году — до 81 года. Продолжается обновление поликлиник, амбулаторий, фельдшерско-акушерских пунктов, на работу в них привлекают больше квалифицированных



медицинских кадров. Новые подходы используются при профилактике, диагностике и лечении хронических заболеваний. Улучшается экстренная медицинская помощь и система реабилитации, развивается сеть национальных исследовательских центров, идет работа по цифровизации здравоохранения. [10]

- Национальный проект «Экономика данных». Нацпроект направлен на цифровизацию отраслей экономики и социальной сферы и достижение технологического суверенитета и лидерства. Новые цифровые сервисы делают жизнь россиян легче и удобнее, а меры по борьбе с кибермошенничеством — безопаснее. Ведётся активная подготовка ИТ-специалистов, развиваются квантовые технологии и искусственный интеллект.[11]

- Национальный проект «Технологии здоровья». Благодаря комплексу мер нацпроекта медицинские исследования и разработки становятся эффективнее. Создаются условия для их использования на практике. Одна из основных целей — достичь технологического суверенитета в производстве лекарственных препаратов, биомедицинских клеточных продуктов, продуктов тканевой инженерии и медицинских изделий.[12]

Федеральные проекты:

- Федеральный проект «Искусственный интеллект». Задачей проекта является создание условий для того, чтобы предприятия и граждане использовали продукты и услуги, основанные на преимущественно отечественных технологиях искусственного интеллекта, обеспечивающих качественно новый уровень эффективности деятельности [13].

- Федеральный проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)» Федеральный проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)», входящий в национальный проект «Здравоохранение», направлен на обеспечение доступности гражданам цифровых сервисов посредством внедрения электронного документооборота, в том числе телемедицинских технологий, электронной записи к врачу, электронных рецептов, а также на повышение эффективности функционирования системы здравоохранения путем создания механизмов взаимодействия медицинских организаций на основе ЕГИСЗ, внедрения цифровых технологий и платформенных решений, формирующих единый цифровой контур здравоохранения [14].

В рамках изучения нормативных документов удалось сделать вывод, что разработка систем анализа медицинских изображений при помощи искусственного интеллекта недостаточно регламентирована. Нормативные акты и законы, регулирующие выпуск подобных продуктов, считаются устаревшими, так как регламентируют оборот и регистрацию медицинских изделий целиком. Все перечисленные программы и инициативы подчеркивают значимость использования ИИ в сфере здравоохранения для достижения высокой эффективности в области медицинского обслуживания населения. Разработка информационной системы для анализа медицинских изображений методами машинного зрения, описанная в данном исследовании, соответствует стратегическим целям государственной политики в области науки и технологий, а также способствует развитию цифровой экономики и повышению качества оказываемых медицинских услуг населению.

## **2.2 Этапы развития технологий искусственного интеллекта в медицине**

Развитие искусственного интеллекта (ИИ) в медицине прошло несколько ключевых этапов и охватывает множество направлений:

1. Ранние исследования (1950-е - 1980-е годы): Первые эксперименты с ИИ в медицине начались в 1950-х годах. Одним из первых примеров является программа MYCIN, разработанная в 1970-х годах для диагностики инфекционных заболеваний и выбора антибиотиков. Она использовала правила и логические выводы для анализа симптомов.

2. Экспертные системы (1980-е - 1990-е годы): В этот период начали развиваться экспертные системы, которые могли помогать врачам в принятии решений. Эти системы использовали базы знаний и правила для диагностики и лечения, но их применение было ограничено из-за сложности и необходимости постоянного обновления данных.

3. Машинное обучение и анализ данных (1990-е - 2000-е годы): С развитием технологий и увеличением объема медицинских данных началось активное использование методов машинного обучения. Это позволило анализировать большие объемы данных, выявлять закономерности и делать прогнозы. Например, ИИ стал использоваться для анализа медицинских изображений.

4. Глубокое обучение (2010-е годы): С появлением глубоких нейронных сетей ИИ достиг новых высот в медицине. Глубокое обучение стало основой для разработки систем, способных распознавать паттерны в медицинских изображениях (например, рентгеновских снимках, МРТ и КТ). Это привело к значительному улучшению точности диагностики.

5. Персонализированная медицина (2010-е - настоящее время): ИИ стал важным инструментом в области персонализированной медицины, где алгоритмы анализируют

генетические данные, историю болезни и другие факторы для разработки индивидуальных планов лечения.

6. Телемедицина и виртуальные помощники: В последние годы ИИ активно используется в телемедицине, где виртуальные помощники помогают пациентам получать консультации и рекомендации. Данные методы показали особую актуальность в условиях пандемии COVID-19.

## **2.3 Сравнение и оценка научных, методологических, технологических, алгоритмических, программных решений по теме исследования**

### **Научные решения.**

Анализ медицинских изображений с использованием методов машинного зрения является одной из наиболее активно развивающихся областей в медицине и информатике. Существует множество научных решений и подходов, которые применяются для обработки и анализа медицинских изображений:

- **Классификация изображений:** использование сверточных нейронных сетей (CNN) для классификации медицинских изображений, таких как рентгеновские снимки, МРТ и КТ. Например, CNN могут быть обучены для различения здоровых и больных тканей [15].
- **Сегментация изображений:** алгоритмы сегментации, такие как U-Net и Mask R-CNN, используются для выделения областей интереса на медицинских изображениях, например, для определения границ опухолей или других аномалий [16].
- **Обнаружение объектов:** методы, такие как YOLO (You Only Look Once) и Faster R-CNN, применяются для обнаружения и локализации патологий на изображениях, например, для выявления узлов в легких на рентгеновских снимках [17].
- **Анализ временных рядов:** в случае динамических изображений, таких как ультразвуковые исследования, используются методы анализа временных рядов для отслеживания изменений в состоянии пациента [18].
- **Генерация изображений:** генеративные состязательные сети (GAN) могут быть использованы для создания синтетических медицинских изображений, что может помочь в обучении моделей, особенно в случаях, когда данные ограничены [19].
- **Интеграция с клиническими данными:** комбинирование анализа изображений с другими источниками данных, такими как электронные медицинские записи (EMR), для более точной диагностики и прогнозирования исходов лечения [20].

- **Объяснимый ИИ:** разработка методов, позволяющих объяснять решения, принимаемые моделями машинного обучения, что особенно важно в медицине для повышения доверия врачей и пациентов к результатам анализа [21].

- **Трансферное обучение:** использование предобученных моделей на больших наборах данных для улучшения производительности на специфических медицинских задачах, что позволяет сократить время и ресурсы на обучение [22].

- **Мультимодальный анализ:** объединение данных из различных источников (например, изображений, генетической информации и клинических данных) для более комплексного анализа состояния пациента [23].

- **Клинические испытания и валидация:** проведение клинических испытаний для оценки эффективности и безопасности алгоритмов, а также их интеграции в клиническую практику [24].

- **Языковые модели:** использование трансформеров и других архитектур для обработки и анализа текстовой информации. Языковые модели, такие как GPT и BERT, могут выполнять задачи, связанные с пониманием и генерацией текста, включая классификацию, резюмирование и перевод. Например, они могут быть обучены для извлечения ключевых данных из медицинских записей или для генерации отчетов на основе клинических данных, что способствует улучшению взаимодействия между врачами и пациентами. [25]

В рамках данной работы, наиболее эффективными и доступными для работы с изображениями будут методы классификации, сегментации изображений и обнаружение объектов. Для генерации текстовых подсказок наиболее подходящими являются языковые модели.

Другие же методы не представляется возможности использовать в рамках работы по причине их концептуального несоответствия (анализ временных рядов, анализируемые изображения не будут динамическими) или отсутствия необходимости (генерация синтетических изображений, при выполнении работы ожидается получение насыщенного датасета входных данных).

### **Методологические решения.**

Методика разработки механизма анализа изображений методами машинного зрения сводится к нескольким ключевым решениям:

- **Предобработка изображений** – Использование фильтров для уменьшения шума, повышения контрастности и улучшения четкости изображений. Приведение изображений к единому масштабу и формату для обеспечения согласованности данных.

- **Разделение данных** - обучающая, валидационная и тестовая выборки. Разделение данных на три подгруппы для обучения модели, настройки гиперпараметров и оценки производительности.

- **Выбор и обучение модели** – наиболее подходящей для решения этой задачи архитектурой будет CNN – сверточные нейронные сети.

- **Сегментация и обнаружение объектов** – применение U-Net, Mask R-CNN и других архитектур для выделения областей интереса на изображениях.

- **Анализ и интерпретация результатов** – использование метрик, таких как точность, полнота, F1-мера и AUC-ROC, для оценки производительности моделей.

В свою очередь, методику разработки механизма описания изображений с использованием языковых моделей можно представить в виде перечня задач:

**Сбор данных** – для обучения системы необходимо собрать набор данных, содержащий изображения и соответствующие текстовые описания.

**Предобработка данных** – на этом этапе данные подготавливаются для обучения:

**Обработка изображений (описана выше) и текста** – текстовые описания токенизируются, нормализуются и преобразуются в числовые представления (например, с использованием методов векторизации, таких как Word2Vec, GloVe или BERT)..

**Извлечение признаков из изображений** (описано выше) – необходимо для получения векторных представлений изображений, которые затем будут переданы в языковую модель.

**Модель генерации описаний** – система может использовать архитектуру, основанную на механизме внимания (attention mechanism) или трансформерах для генерации текстовых описаний на основе извлеченных признаков изображений. Основные подходы:

- Система "Encoder-Decoder": В этой архитектуре "encoder" (кодировщик) принимает вектор признаков изображения, а "decoder" (декодировщик) генерирует текстовое описание. Механизм внимания может быть использован для улучшения качества генерации, позволяя модели фокусироваться на различных частях изображения при создании каждого слова описания [26].

- Трансформеры: Современные подходы могут использовать трансформеры, такие как BERT или GPT, для генерации описаний. В этом случае вектор признаков изображения может быть объединен с токенами текста, чтобы создать контекст для генерации.

**Обучение модели** – модель обучается на собранном наборе данных, используя методы обучения с учителем. Функция потерь может быть основана на кросс-энтропии, которая измеряет разницу между предсказанными и истинными текстовыми описаниями.

**Генерация описаний** - после обучения модель может использоваться для генерации описаний новых изображений.

**Оценка качества** – качество сгенерированных описаний можно оценивать с помощью различных метрик, таких как BLEU, METEOR или CIDEr, которые сравнивают сгенерированные описания с реальными аннотациями.

## 2.4 Подробное описание механизмов работы с изображениями

**Классификация изображений** — это задача, в которой модель должна определить, к какому классу принадлежит данное изображение. Основные методы:

- **Сверточные нейронные сети (CNN):** это наиболее распространенный подход для классификации изображений. CNN автоматически извлекают признаки из изображений и могут обучаться на больших наборах данных [27].

- **Предобученные модели:** Модели, такие как VGG [28], ResNet [29], Inception [30] и EfficientNet [31], могут быть использованы для классификации, используя transfer learning. Это позволяет использовать уже обученные модели на больших наборах данных и адаптировать их к конкретной задаче.

**Сегментация изображений** — это процесс разделения изображения на несколько сегментов или объектов. Существует два основных типа сегментации:

- **Семантическая сегментация:** Каждому пикселю изображения присваивается класс. Например, в изображении с автомобилем и пешеходом каждый пиксель, относящийся к автомобилю, будет помечен как "автомобиль", а пиксели пешехода — как "пешеход". Для семантической сегментации часто используются архитектуры, такие как U-Net [32] и Fully Convolutional Networks (FCN) [33].

- **Инстансная сегментация:** это более сложная задача, где необходимо не только определить класс каждого пикселя, но и различать разные экземпляры одного и того же класса. Примеры методов включают Mask R-CNN [34] и DeepLab [35].

**Обнаружение объектов** — это задача, которая включает в себя определение местоположения объектов в изображении и их классификацию. Основные методы:

- **Регрессия ограничивающих рамок:** модели, такие как YOLO [36] и SSD [37], выполняют обнаружение объектов в реальном времени, предсказывая ограничивающие рамки и классы объектов одновременно.

- **Региональные методы:** такие как R-CNN и его улучшенные версии (Fast R-CNN, Faster R-CNN), которые сначала генерируют регионы интереса, а затем классифицируют их. [38][39]

## 2.5 Подробное описание языковой модели

Языковые модели — это системы, которые используют статистические и машинные методы для обработки и генерации текста на естественном языке. Они обучаются на больших объемах текстовых данных и могут выполнять различные задачи, такие как генерация текста, перевод, ответ на вопросы и многое другое. Принцип работы языковых моделей основан на нескольких базовых принципах.

### 1. Обработка текста

Языковые модели начинают с обработки текста, который может включать в себя токенизацию (разделение текста на слова или подслова), нормализацию (приведение к единому регистру, удаление знаков препинания и т.д.) и векторизацию (преобразование слов в числовые представления).

- **Токенизация:** Разделение текста на отдельные элементы (токены). Это может быть сделано на уровне слов или подслов (например, с использованием Byte Pair Encoding, BPE) [40].

### 2. Архитектура модели

Современные языковые модели часто используют архитектуры на основе нейронных сетей, такие как рекуррентные нейронные сети (RNN), трансформеры и их вариации.

- **Рекуррентные нейронные сети (RNN):** Эти сети обрабатывают последовательности данных, сохраняя информацию о предыдущих токенах. Однако они могут сталкиваться с проблемами, связанными с долгосрочной зависимостью [41].

- **Трансформеры:** Архитектура трансформеров, предложенная в работе "Attention is All You Need" [42], использует механизм внимания, который позволяет модели фокусироваться на различных частях входной последовательности, что значительно улучшает качество обработки текста и позволяет эффективно обрабатывать длинные последовательности.

### 3. Обучение модели

Языковые модели обучаются на больших объемах текстовых данных с использованием методов обучения с учителем или без учителя. Основные подходы включают:

- **Обучение с учителем:** Модель обучается предсказывать следующий токен в последовательности на основе предыдущих токенов. Это часто реализуется с использованием функции потерь, такой как кросс-энтропия [43].

- **Обучение без учителя:** Модели, такие как BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) [44], используют методы предобучения, такие как маскированное языковое моделирование, где некоторые токены в предложении маскируются, и модель должна предсказать их.

#### 4. Генерация текста

После обучения языковые модели могут генерировать текст, используя различные стратегии, такие как жадный алгоритм, выбор с температурой или выбор с использованием метода beam search. Эти методы помогают контролировать разнообразие и качество генерируемого текста [45].

### 2.6 Описание PACS – системы

PACS (Picture Archiving and Communication System) — это система, используемая в медицинской визуализации для хранения, передачи и управления изображениями, полученными с помощью различных методов диагностики, таких как рентген, КТ, МРТ и ультразвуковое исследование.

Основные функции PACS включают:

- **Хранение изображений:** PACS позволяет сохранять медицинские изображения в цифровом формате, что упрощает доступ к ним и уменьшает необходимость в физическом хранении пленок.

- **Передача данных:** Система обеспечивает возможность передачи изображений и связанных с ними данных между различными медицинскими учреждениями и специалистами, что способствует более эффективной диагностике и лечению.

- **Управление данными:** PACS включает инструменты для организации и управления изображениями, что позволяет врачам легко находить и просматривать нужные данные.

- **Интеграция с другими системами:** PACS может интегрироваться с другими медицинскими информационными системами, такими как электронные медицинские записи (EMR), что улучшает общую эффективность работы медицинского учреждения.

Использование PACS значительно улучшает качество медицинского обслуживания, сокращает время ожидания и повышает точность диагностики. В рамках проектируемой системы, внедрение PACS обусловлено повышением эффективности работы механизма



анализа изображений. Система будет иметь доступ к хранилищу изображений и информации об исследованиях, что позволит ей проводить автономную работу по первичному описанию снимков. Данный подход снизит время ожидания получения информации врачом и позволит экономично использовать вычислительные мощности комплекса.

## **2.7 Постановка задачи исследования**

Литературный обзор показал следующее:

1. Сфера разработки информационных систем в контексте применения искусственного интеллекта для анализа медицинских изображений и постановки первичного диагноза в настоящее время требует уточнений в области регламентирования.

2. С другой стороны, государство готово активно вкладываться в данное направление разработки, так как оно целиком и полностью соответствует стратегии развития Российской Федерации.

3. Сравнение научных, методологических, технологических и программных решений показало, что методы и инструменты для разработки ИИ в области здравоохранения существуют, но их количество ограничено. Многие из них находятся в стадии активного совершенствования и требуют значительных усилий для адаптации под специфику конкретных задач.

Существующие подходы к разработке искусственного интеллекта для анализа медицинских изображений далеки от совершенства. Они не обладают методологическим единством и характеризуются постоянным появлением новых идей и технологий, которые нуждаются в обобщении и развитии. В частности, отсутствуют готовые примеры и стандарты в свободном доступе, что затрудняет использование, улучшение и дальнейшее развитие существующих решений.

В таких обстоятельствах становится необходимым постановка и решение актуальной научной задачи — разработка информационной системы для анализа медицинских изображений с использованием технологий искусственного интеллекта, способной оказывать поддержку в постановке диагноза врачу-рентгенологу. Эта задача является важным шагом к повышению качества оказываемых медицинских услуг населению, сокращению вкладываемых ресурсов и повышению общей эффективности системы здравоохранения.

Таким образом выдвигается цель диссертационной работы – повышению качества оказываемых медицинских услуг населению, сокращению вкладываемых ресурсов и повышению общей эффективности системы здравоохранения путем разработки

информационной системы анализа медицинских изображений с использованием технологий искусственного интеллекта.

Для достижения поставленной цели требуется выполнение следующих задач:

1. Проанализировать существующие подходы к разработке ИИ для анализа медицинских изображений и осуществить поиск готовых решений, основанных на принципах открытого исходного кода.

2. Разработать метод анализа цифровых рентгеновских снимков с использованием технологий искусственного интеллекта.

3. Создать алгоритм машинного зрения для распознавания рентгеновских изображений.

4. Разработать языковую модель для составления текстового описания обнаруженных аномалий.

5. Разработать систему поддержки принятия решений на основе метода анализа цифровых рентгеновских снимков с использованием технологий искусственного интеллекта.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе учебной практики была описана общая характеристика магистерской диссертации по теме исследования и сформирован автореферат «Анализ цифровых рентгеновских снимков с использованием технологий искусственного интеллекта».

Для оценки перспектив было проведено исследование хронологии формирования технологий искусственного интеллекта в медицине, выполнена оценка уже имеющихся статей по данной теме, обозначены теоретическая и практическая значимость проводимой работы.

В рамках прохождения учебной практики также составлено описание области разработки системы искусственного интеллекта в области медицины с указанием национальных проектов и приоритетных направлений, федеральных целевых программ и государственных инициатив. Также было проведено сравнение и оценка научных, методологических, технологических, алгоритмических, программных решений по теме исследования. Были подробно описаны механизмы работы с изображениями и текстом в рамках проектируемой системы. Приведено обоснование использования PACS-системы совместно с алгоритмами искусственного интеллекта для анализа рентгеновских снимков.

В результате работы была поставлена конечная цель исследования и определения перечня задач, которые необходимо выполнить для достижения цели.

В рамках учебной практики были выполнены все задачи и достигнута цель.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Врачей становится все меньше — реальные варианты решения проблемы [Электронный ресурс]. URL <https://dzen.ru/a/Z0Btp-jv22TUeCSg> (дата обращения: 23.12.2024).
2. Минздрав оценил дефицит врачебных кадров в 29 тысяч человек [Электронный ресурс]. URL <https://ria.ru/20240326/vrachi-1935845355.html> (дата обращения: 23.12.2024).
3. Горюшкин Е.И., Антипин А.В. Нейросеть ChatGPT как способ решения клинических задач по рентгенологии // Universum: медицина и фармакология. №6 (99), 2023, С. 14-19.
4. Камышанская И.Г., Черемисин В.М., Питель Е.С., Садуакасова А.Б. Современное состояние рентгенотехники и рентгенологии в России // Научно-практический журнал «Клиническая медицина Казахстана» №2 (21), 2011, С. 17-19.
5. Ненашева Е.А. Обзор медицинского программного обеспечения с искусственным интеллектом // Наука и образование сегодня, 2019.
6. Кульбакин Д.Е., Чойнзонов Е.Л., Толмачев И.В., Стариков Ю.В., Старикова Е.Г., Каверина И.С. Искусственный интеллект в онкологии: области применения, перспективы и ограничения // Вопросы онкологии, Том 68, №6, 2022, С. 692-699.
7. Башлы П.Н., Вербов В.Ф. Применение машинного обучения для автоматического анализа снимков инспекционно-досмотровых комплексов // Вестник Российской Таможенной Академии, №2, 2022, С. 123-132.
8. Зиязетдинова Л.Ю. Анализ состояния исследований в области распознавания рентгеновских и КТ снимков с помощью методов глубокого машинного обучения // Материалы XV Всероссийской молодежной научной конференции, Том 4, 2021, С. 235-245.
9. Указ Президента Российской Федерации от 10.10.2019 г. № 490 • Президент России [Электронный ресурс]. URL <http://www.kremlin.ru/acts/bank/44731> (дата обращения: 23.12.2024).
10. Национальный проект «Продолжительная и активная жизнь» [Электронный ресурс]. URL <https://национальныепроекты.пф/new-projects/prodolzhitelnaya-i-aktivnaya-zhizn/> (дата обращения: 23.12.2024).
11. Национальный проект Экономика данных | Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL <https://национальныепроекты.пф/new-projects/ekonomika-dannykh> (дата обращения: 23.12.2024).

12. Национальный проект Технологии здоровья | Официальный сайт [Электронный ресурс]. URL <https://национальныепроекты.пф/new-projects/tekhnologii-zdorovya> (дата обращения: 23.12.2024).
13. «Искусственный интеллект» :: Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций Российской Федерации [Электронный ресурс]. URL <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/1046/> (дата обращения: 23.12.2024).
14. Федеральный проект «Создание единого цифрового контура в здравоохранении на основе единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ)» [Электронный ресурс]. URL <https://minzdrav.gov.ru/poleznye-resursy/natsproektzdravoohranenie/tsifra> (дата обращения: 23.12.2024).
15. Esteva, A., Kuprel, B., Kopans, R., et al. (2017). "Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks." *Nature* 542, С. 115–118.
16. Ronneberger, O., Fischer, P., & Becker, A. (2015). "U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation." *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI)*.
17. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). "You Only Look Once: Unified Real-Time Object Detection." *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*
18. Zhang, Y., et al. (2019). "Deep Learning for Medical Image Analysis: Overview and Future Directions." *Journal of Medical Systems*, 43(8), С. 1-12.
19. Goodfellow, I., Pouget-Abadie, J., Mirza, M., et al. (2014). "Generative Adversarial Nets." *Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS)*.
20. Rajkomar, A., Dean, J., & Kohane, I. (2019). "Machine Learning in Medicine." *New England Journal of Medicine*, 380, С. 1347-1358.
21. Ribeiro, M. T., Singh, S., & Guestrin, C. (2016). "Why Should I Trust You? Explaining the Predictions of Any Classifier." *Proceedings of the 22nd ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*.
22. Tajbakhsh, N., Shin, J. Y., Gurudu, S. R., et al. (2016). "Convolutional Neural Networks for Medical Image Analysis: Full Training or Fine Tuning?" *IEEE Transactions on Medical Imaging*, 35(5), С. 1299-1312.
23. Wang, Y., et al. (2018). "Multimodal Deep Learning for Medical Image Analysis." *Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI)*.
24. Topol, E. J. (2019). "High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence." *Nature Medicine*, 25, С. 44-56.

25. Vaswani, A., Shallow, M., & et al. (2017). "Attention is All You Need." In Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS).
26. Xu, K., Ba, J., Kiros, R., et al. (2015). Show, Attend and Tell: Neural Image Caption Generation with Visual Attention. Proceedings of the 32nd International Conference on Machine Learning, 37, C. 2048-2057.
27. Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. Advances in Neural Information Processing Systems, 25.
28. Simonyan, K., & Zisserman, A. (2014). Very Deep Convolutional Networks for Large-Scale Image Recognition. C. 1409-1556.
29. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). Deep Residual Learning for Image Recognition. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, C. 770-778.
30. Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Vinyals, O., & GoogLeNet. (2015). Going Deeper with Convolutions. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, C. 1-9.
31. Tan, M., & Le, Q. V. (2019). EfficientNet: Rethinking Model Scaling for Convolutional Neural Networks. Proceedings of the 36th International Conference on Machine Learning, 97, C. 6105-6114.
32. Ronneberger, O., Fischer, P., & Becker, A. (2015). U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation. Medical Image Computing and Computer-Assisted Intervention (MICCAI), C. 234-241.
33. Long, J., Shelhamer, E., & Darrell, T. (2015). Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, C. 3431-3440.
34. He, K., Gkioxari, G., Dollár, P., & Girshick, R. (2017). Mask R-CNN. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, C. 2961-2969.
35. Chen, L. C., Papandreou, G., Schroff, F., & Adam, H. (2017). Rethinking Atrous Convolution for Semantic Image Segmentation. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, C. 1-8.
36. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified Real-Time Object Detection. Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, C. 779-788.
37. Liu, W., Anguelov, D., Ge, R., et al. (2016). SSD: Single Shot MultiBox Detector. European Conference on Computer Vision (ECCV), C. 21-37.

38. Girshick, R. (2015). Fast R-CNN. Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision, C. 1440-1448.
39. Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2015). Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. Advances in Neural Information Processing Systems, C. 28.
40. Sennrich, R., Haddow, B., & Birch, A. (2016). Neural Machine Translation of Rare Words with Subword Units. Proceedings of the 54th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL), C. 1715-1725.
41. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. Neural Computation, 9(8), C. 1735-1780.
42. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems, 30.
43. Mikolov, T., Chen, K., Corrado, G., & Dean, J. (2013). Efficient Estimation of Word Representations in Vector Space. C. 1301-1306.
44. Devlin, J., Chang, M. W., Lee, K., & Toutanova, K. (2018). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. C. 1810-1812.
45. Holtzman, A., Buys, J., Forbes, M., & Choi, Y. (2019). The Curious Case of Neural Text Degeneration.
46. Ковченко, И. А. Исследование и разработка алгоритмов релевантного поиска словарных пар : автореф. дис. ... магистранта: 09.04.02 / Ковченко Илья Анатольевич; науч. рук. канд. полит. наук Воронцова Ольга Ивановна. — Астрахань, 2016. — 5 с.

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

### **Автореферат**

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Астраханский государственный университет имени В. Н. Татищева»

На правах рукописи

Мартынов Виктор Александрович

**АНАЛИЗ ЦИФРОВЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА**

Направление: 09.04.02 –

«Программная инженерия»

Программа «Проектирование и разработка систем искусственного интеллекта»

### **АВТОРЕФЕРАТ**

Магистерской диссертации на соискание академической  
степени магистр

Астрахань – 2025



Работа выполнена на кафедре «Информационные технологии».

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор  
**Ханова Анна Алексеевна**

Рецензент:                      Фамилия Имя Отчество  
  ученая степень, ученое звание, место работы,  
  Должность

Защита состоится «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ г. в 9:00 на заседании Государственной  
аттестационной комиссии по защите магистерских диссертаций по адресу при  
Астраханском государственном университете по адресу: 414056, г. Астрахань, ул.  
Татищева, 20а, главный корпус, ауд. №\_\_

Автореферат разослан «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_ г.

И.о зав. кафедрой «Информационные  
технологии», к. т. н.

О. Н. Выборнова

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ**

**Актуальность темы исследования.** Искусственный интеллект (ИИ) представляет собой одну из наиболее значительных технологических революций XXI века, оказывая глубокое влияние на различные сферы человеческой деятельности. В частности, медицина, как область, требующая высокой степени точности и эффективности, становится ареной активного внедрения ИИ-технологий. Современные достижения в области машинного обучения, обработки естественного языка и анализа больших данных открывают новые горизонты для диагностики, лечения и управления заболеваниями.

Актуальность разработки любых систем искусственного интеллекта корнями уходит в поиск возможностей частичной или полной автоматизации рутинных операций, которые до этого выполняются человеком. В части анализа медицинских изображений, весь процесс можно разбить на несколько этапов. Примером послужит рентгенодиагностическое исследование:

1. Формирование рентгеновского изображения аппаратными средствами рентгенодиагностического комплекса рентгенолаборантом.
2. Первичная обработка изображения рентгенолаборантом (кадрирование, выравнивание параметров яркости и контрастности изображения, обозначение проекций).
3. Запись изображения и сопутствующей информации в систему хранения рентгеновских изображений.
4. Получение изображения и сопутствующей информации врачом-рентгенологом на свою рабочую станцию.
5. Анализ изображения, поиск отклонений врачом-рентгенологом.
6. Формирование врачом-рентгенологом текстового заключения на основании полученной из изображения информации.

В настоящее время процесс рентгенодиагностики уже является достаточно высокотехнологичным в силу повсеместного внедрения компьютерных систем. На смену плёночным носителям рентгеновских изображений, пришла цифровая технология их получения. С другой стороны, пункты 1-2, описанные выше, пока не позволяют внедрять системы искусственного интеллекта, так как работа рентгенолаборанта заключается в правильном позиционировании как пациента, так и штативного устройства.

Пункты 3-4 на данный момент уже хорошо автоматизированы в большинстве систем, так как требуют применения типовых технологий.

Основной интерес вызывают пункты 5-6, так как в этом заключается основная работа врача-рентгенолога и она носит массовый характер. Для пункта 5 актуальным будет

внедрение механизма машинного зрения, что позволит проводить поиск возможных аномалий и отклонений независимо от врача и в процессе работы система сможет формировать собственный «взгляд» на исследование.

В свою очередь, для пункта 6 можно применить языковые модели. Особенностью данного подхода станет формирование нескольких предложений, касательно каждой обнаруженной аномалии на изображении. В перспективе такой приём может позволить сократить временные затраты на анализ каждого исследования, а соответственно повысить эффективность системы рентгенодиагностики.

Российская система здравоохранения нуждается в повышении своей эффективности за счёт привлечения большого потока специалистов, но это не всегда возможно в условиях географических особенностей. Национальная академия медицинского образования имени Н.А. Бородина провела исследование и опубликовала статью на портале ДЗЕН [1]. В данной статье основной акцентировано внимание на причины нехватки врачей, которые заключаются в том числе и в неравномерном распределении кадров по стране. Существует большое количество причин данному явлению, но всё сводится к различному уровню жизни в регионах, что влияет также на уровень зарплат специалистов. Это приводит к оттоку специалистов в столичные регионы.

Помимо проблемы миграции специалистов, также существует общая нехватка кадров в отрасли. На заседании экспертного совета по здравоохранению в Совете Федерации по социальной политике в 2023 году прозвучало, что потребность в кадрах составляет 29 тысяч врачей и 63 тысячи средних медицинских работников. Об этом свидетельствует статья на портале РИА Новости [2].

Таким образом, в ближайшие годы с малой вероятностью произойдет насыщение системы здравоохранения необходимым количеством специалистов. В данном случае, для повышения эффективности необходимо внедрять решения, обладающие возможностью для снижения затрат ресурсов для медицинского обслуживания населения.

**Степень разработанности темы.** Проблема создания систем искусственного интеллекта для анализа медицинских изображений исследуется повсеместно. Например в работе Горюшкина Е.И. и Антипина А.В. описывается метод решения данной проблемы с помощью языковых моделей, а именно CHATGPT [3]. Камышанская И.Г., Черемисин В.М., Питель Е.С., Садуакасова А.Б. в своей работе описывают современное состояние рентгентехники и рентгенологии в России, указывая что «Современный период развития рентгентехники следует также рассматривать как переходный, когда сосуществуют классическая плёночная аппаратура и современное цифровое оборудование» [4]. В обзоре

медицинского программного обеспечения с искусственным интеллектом, составленным Ненашевой Е.А., повествуется о зарубежном ПО «OsteoDetect», которое специализируется на оценке специфичных областей дистального конца лучевой кости, где обычно возникают трещины [5]. В обзорной статье Кульбакина Д.Е., Чойнзонова Е.Л., Толмачева И.В., Старикова Ю.В., Стариковой Е.Г., Кавериной И.С. приводятся перспективы использования технологий искусственного интеллекта для диагностики онкологии [6]. В работе Башлы П.Н. и Вербова В.Ф. [7], а также Зиязетдиновой Л.Ю. [8] описывается возможность применения технологий машинного обучения для автоматического анализа снимков, полученных рентгеновским методом.

На текущий момент широкое распространение систем для анализа медицинских изображений отсутствует. Проводятся эксперименты по внедрению таких систем в Москве, что может говорить о не скором внедрении подобных решений по всей территории России.

**Объект исследования** – Рентгеновские изображения, используемые в медицинской диагностике, и их интерпретация с помощью технологий искусственного интеллекта.

**Предмет исследования** – Методы и алгоритмы искусственного интеллекта, применяемые для анализа рентгеновских изображений.

**Цель диссертационной работы** – улучшение качества существующих и поиск новых решений для анализа рентгеновских снимков с использованием технологий искусственного интеллекта.

Для достижения поставленной цели требуется выполнение следующих задач:

1. Проанализировать существующие подходы к разработке ИИ для анализа медицинских изображений и осуществить поиск готовых решений, основанных на принципах открытого исходного кода.
2. Разработать метод анализа цифровых рентгеновских снимков с использованием технологий искусственного интеллекта.
3. Создать алгоритм машинного зрения для распознавания рентгеновских изображений.
4. Разработать языковую модель для составления текстового описания обнаруженных аномалий.
5. Разработать систему поддержки принятия решений на основе метода анализа цифровых рентгеновских снимков с использованием технологий искусственного интеллекта.

**Научная новизна** диссертационного исследования заключается в следующем:

1. Разработан метод анализа цифровых рентгенограмм органов грудной клетки с использованием алгоритма машинного зрения.
2. Разработан метод формирования текстовых подсказок областей интереса с использованием языковой модели.

**Теоретическая значимость работы.**

Работа вносит вклад в развитие теории анализа медицинских изображений при помощи технологий искусственного интеллекта. Предложенные теоретические положения описывают методы сбора данных, разработки алгоритмов машинного обучения для формирования механизма распознавания медицинских изображений. Полученные результаты могут быть использованы для дальнейших исследований в области искусственного интеллекта и медицинской диагностики.

**Практическая значимость работы.** В рамках работы создаётся информационная система, выступающая в роли интерактивного справочника с возможностью анализа поступающих рентгеновских изображений. Данная система содержит в своём составе сервис для анализа изображений методами машинного зрения, языковую модель для составления предварительного диагноза, пакет программного обеспечения для хранения и систематизации рентгеновских изображений, также известная как PACS-система.

**Методы исследования.** Системный анализ, теория управления и принятия решений, методы машинного обучения, теория вероятностей и математическая статистика, методы объектно-ориентированного проектирования, процедурные методы разработки программного обеспечения.

**Положения, выносимые на защиту.**

1. Метод анализа медицинских изображений методами машинного зрения.
2. Языковая модель для описания областей интереса на изображениях в текстовом виде.