МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

АСТРАХАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИМ. В.Н.ТАТИЩЕВА

Факультет цифровых технологий и кибербезопасности

Кафедра информационных технологий

Форма обучения очная

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ**

***На разработку информационной системы для анализа цифровых рентгеновских изображений методами машинного зрения***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Исполнитель:  студент группы ДПИ-25  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Мартынов В.А.  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2025 г.    Преподаватель:  Кафедра информационных технологий  Старший преподаватель  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Железняков Д.В.  «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2025 г. |  |  |

Астрахань – 2025

1. Краткая информация о предметной области

Информационная система для анализа цифровых рентгеновских снимков с использованием методов машинного зрения предназначена для автоматизации процесса обработки и интерпретации медицинских изображений, полученных посредством рентгенографии. Основной задачей такой системы является повышение точности, скорости и объективности диагностики заболеваний и патологий на основе цифровых рентгеновских данных.

Предметная область данной системы охватывает несколько ключевых аспектов. Во-первых, это изготовление и хранение цифровых рентгеновских снимков, получаемых медицинским оборудованием (рентгеновскими аппаратами, компьютерными томографами и другими похожими устройствами). Современные цифровые рентгеновские аппараты формируют изображения в стандартизированных форматах (например, DICOM), что обеспечивает удобство их обработки и интеграции в медицинские информационные системы.

Во-вторых, предметная область включает методы машинного зрения и обработки изображений, применяемые для анализа рентгенограмм. К таким методам относятся фильтрация шумов, сегментация изображений, распознавание контуров и текстур, а также классификация выявленных структур или патологий. Машинное обучение, особенно глубокие нейронные сети, используются для обучения моделей на большом объеме размеченных данных, что позволяет автоматически выделять зоны интереса, диагностировать изменения тканей и выявлять аномалии, например, переломы, опухоли, воспалительные процессы и другие заболевания.

В-третьих, система работает с медицинской информацией о пациентах — это может включать метаданные снимков (время съемки, параметры аппарата), а также демографические данные (возраст, пол) и клиническую информацию, которая может использоваться для контекстного анализа изображений и повышения качества диагностики.

Кроме того, предметная область затрагивает вопросы интеграции системы в существующую инфраструктуру медицинских организаций. Это включает взаимодействие с системами электронных медицинских карт (EMR), базами данных пациентов, а также с другими диагностическими системами. Важную роль играет обеспечение защиты персональных данных и соблюдение нормативных требований в области медицины и информационной безопасности.

Важным аспектом является пользовательское взаимодействие: система должна предоставлять удобные инструменты для врачей-рентгенологов и других медицинских специалистов для просмотра, анализа и коррекции результатов автоматической обработки. Интерфейс должен обеспечивать наглядность, возможность ручной доработки и подтверждения диагнозов, а также генерацию отчетов.

Таким образом, предметная область информационной системы для анализа цифровых рентгеновских снимков методами машинного зрения включает: технические аспекты получения и формата изображений, методы и алгоритмы машинного зрения и машинного обучения для обработки и анализа изображений, работу с медицинскими данными и интеграцию в медицинскую информационную систему, а также пользовательские сценарии, направленные на удобство и эффективность диагностики. Основная цель системы — поддержка и автоматизация процесса медицинской диагностики, повышение качества и скорости обработки рентгеновских снимков с последующим улучшением результатов лечения пациентов.

1. Доступные пользователям интерфейсы

dcm4chee — это свободная и открытая система управления медицинскими изображениями (PACS), реализующая стандарты DICOM для хранения, архивации, поиска и передачи цифровых медицинских изображений и связанных с ними метаданных. Платформа построена на Java и поддерживает кроссплатформенную работу с масштабируемой базой данных, что позволяет эффективно обслуживать архивы медицинских исследований различного объема и сложности. dcm4chee включает в себя серверные компоненты для приема, хранения и обработки DICOM-объектов, а также веб-интерфейс для управления исследованиями и взаимодействия с пользователями и интегрируемыми медицинскими системами.

Компонент dcm4chee является ключевым пользовательским интерфейсом в рамках разрабатываемой информационной системы для работы с медицинскими изображениями. Именно через dcm4chee пользователь получает непосредственный доступ к просмотру, поиску, загрузке и администрированию DICOM-данных, включая исследования, серии и отдельные изображения. При этом глубинный процесс анализа и обработки изображений реализуется отдельными специализированными подсистемами и модулями, которые функционируют "под капотом" и интегрируются с dcm4chee в единую архитектуру, обеспечивая тем самым разделение представления данных и вычислительных операций.

Компонент dcm4chee предоставляет веб-интерфейс (dcm4chee-web) для взаимодействия пользователя с системой управления медицинскими изображениями. Интерфейс включает следующие функциональные модули:

* Авторизация и управление пользователями с разграничением ролей и прав доступа.
* Просмотр и поиск медицинских изображений и исследований с поддержкой фильтрации по пациентам, датам и другим метаданным.
* Администрирование архивного хранилища – управление исследованиями, сериями и изображениями.
* Управление доступными модальностями и их конфигурациями (Application Entities).
* Консоль обработки рабочих списков (Worklist) и управления статусами исследований.
* Мониторинг и аудит действий пользователей и событий системы.
* Поддержка просмотра детальных метаданных DICOM и предварительного просмотра изображений.
* Функции загрузки новых изображений, включая возможность прикрепления к существующим исследованиям и сериям.

Интерфейс реализован как веб-приложение, доступное через стандартный браузер, с поддержкой адаптивного дизайна для разных устройств. Настройка и конфигурация интерфейса осуществляется через соответствующие административные панели.

1. Взаимодействие с внешними системами

Компонент dcm4chee в составе информационной системы отвечает за прием медицинских изображений и связанных данных из внешних источников по протоколу DICOM. Процесс поступления изображения начинается с того, что внешнее модальность-устройство или другая медицинская система (например, диагностический аппарат, МИС или другой PACS) инициирует передачу DICOM-объекта на dcm4chee через стандартный сервис DICOM Storage SCP (Service Class Provider).

DICOM протокол использует стек TCP/IP для передачи данных в сетях медицинских учреждений. В основе передачи лежит ряд сервисов DICOM, среди которых ключевым для приема изображений является C-STORE. Внешнее устройство выступает в роли SCU (Service Class User), инициируя запрос на передачу изображения, а dcm4chee — в роли SCP, принимающего этот запрос и обрабатывающего поступающий файл. После установления TCP-соединения происходит обмен сообщениями по протоколам ACSE (Association Control Service Element) и DIMSE (DICOM Message Service Element), гарантируя надежность и согласованность передачи.

При поступлении изображения dcm4chee выполняет проверку соответствия формата, а также валидацию ключевых DICOM-тегов (Patient ID, Study Instance UID, Series Instance UID и др.). После успешной валидации данные сохраняются в централизованное хранилище, которое состоит из базы данных для метаданных и файловой системы для бинарных DICOM-объектов.

Помимо C-STORE, DICOM включает услуги Query/Retrieve (C-FIND, C-MOVE, C-GET), позволяющие впоследствии выполнять поиск, выборку и передачу изображений из хранилища. Эти сервисы обеспечивают полноценное взаимодействие компонентов системы как внутри, так и с внешними системами.

1. Внутреннее разделение на подсистемы и модули, и интерфейсы взаимодействия между ними

Информационная система состоит из двух основных модулей:

* Модуль dcm4chee (DICOM/PACS сервис)
* Модуль искусственного интеллекта (ИИ) для анализа медицинских изображений

Получение изображений модулем ИИ:

* Модуль ИИ инициирует запрос к dcm4chee через DICOMweb API (например, QIDO-RS) для получения списка изображений и метаданных.
* Для загрузки DICOM-файлов и кадров изображений ИИ использует WADO-RS интерфейс dcm4chee, получая изображения в стандартизованном формате DICOM или преобразованном (например, JPEG, PNG).

Передача результатов анализа в dcm4chee:

* Обработанные изображения или полученные аннотации могут быть переданы обратно в dcm4chee с помощью DICOM C-STORE (в случае нового DICOM-файла) или через STOW-RS (если используется DICOMweb).
* Для интеграции результатов могут использоваться дополнительные DICOM-объекты, такие как Structured Reports (SR), Segmentation objects (SEG) или Presentation States (PR).

Асинхронность и надежность:

* Взаимодействие происходит по защищенным сетевым соединениям с использованием протоколов TCP/IP.
* Все обмены сопровождаются контролем целостности и подтверждениями, что обеспечивает надежность передачи.
* Возможна организация очередей задач (Job Queue) для планирования и управления процессом анализа.

Интеграция с общим рабочим процессом:

* Модуль dcm4chee играет роль центрального хранилища и системы управления медицинскими изображениями, в то время как ИИ-модуль предоставляет специализированные вычислительные сервисы.
* Коммуникация реализована по стандартам DICOM и DICOMweb, что обеспечивает максимальную совместимость и стандартизацию в рамках медицинских информационных систем.

1. Используемые модели и алгоритмы машинного обучения и искусственного интеллекта

Так как планируется проводить анализ рентгенограмм органов грудной клетки, выбор пал на нейросеть X-Raydar. Она представляет собой открытую нейросеть, разработанную для классификации и анализа стандартных рентгеновских изображений грудной клетки. Модель обучена на огромном наборе данных из более чем 2 миллионов исследований и доступна для интеграции в проекты.

В качестве используемых алгоритмов обучения используются следующие подходы:

* + - Большинство современных моделей базируются на трансферном обучении с адаптацией предобученных сетей (например, ResNet, EfficientNet, U-Net) нацеленных на конкретные задачи классификации, сегментации и детекции в области грудной клетки.
    - Обучение проходит с применением аугментаций данных, балансировкой классов и регуляризацией для повышения общей обобщаемости моделей.
    - Важным направлением является инклюзивность и разнообразие обучающих наборов данных с мультицентровыми источниками, что повышает устойчивость к вариациям оборудования и популяций пациентов.
  + Некоторые модели используют мультизадачный подход, совмещая анализ изображений с текстовыми данными (например, клинические заметки) для повышения качества диагностики.

1. Используемые методы обучения и требования к наборам обучающих данных

Модель X-Raydar уже обучалась на очень большом датасете (более 2,8 млн снимков), что делает её высокоточной и способной работать "из коробки" благодаря масштабному предобучению.

1. В качестве тестирования и валидации всей системы удобнее всего будет использовать наработанный перечень диагнозов, которые поставил врач, и сопоставить их с результатами анализа программой. При необходимости можно обратиться к классическим приёмам валидации, например анализ метрик.