

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию Руденко Андрея Владимировича

«Алгоритмы обработки и анализа изображений для интеллектуальной системы поддержки принятия решений в урологии», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.8. Информатика и информационные процессы.

Актуальность и научная значимость

Диссертационное исследование Руденко А.В. посвящено решению актуальной научно-практической задачи – разработке интегрированных алгоритмов компьютерного зрения и нечеткой логики для систем поддержки врачебных решений в урологии. Актуальность темы обусловлена потребностью в автоматизации диагностики мочекаменной болезни, занимающей второе место в структуре урологической патологии и характеризующейся высокой вариабельностью визуальных проявлений на КТ-изображениях. Несмотря на прогресс в области медицинского ИИ, существующие решения не лишены проблем, связанных с недостаточной интерпретируемостью результатов, игнорированием анатомического контекста и высокой долей ложноположительных срабатываний. Работа Руденко А. В. восполняет этот пробел, предлагая комплексный подход к анализу медицинских изображений, сочетающий нейросетевую детекцию с 3D-реконструкцией и нечеткой верификацией результатов. Значимость исследования подчеркивается его соответствием приоритетам «Стратегии научно-технологического развития РФ» в части внедрения ИИ-технологий в здравоохранение и развития персонализированной медицины.

Структура и содержание работы

Диссертация структурно целостна и включает четыре главы, логически последовательно раскрывающие этапы исследования. Во введении убедительно обоснована актуальность, сформулирована цель – разработка алгоритмов автоматизированного анализа КТ-изображений для системы поддержки принятия врачебных решений (СППВР) в урологии – и поставлен комплекс взаимосвязанных задач.

Первая глава представляет глубокий аналитический обзор современных МИС и СППВР, методов компьютерного зрения для медицинской визуализации, а также нейросетевых архитектур. Автор аргументированно обосновывает выбор нейросетевой архитектуры YOLO как оптимального инструмента для детекции объектов на КТ-срезах, критически оценивая ограничения сегментации и классификации. Особого внимания заслуживает анализ проблемы недостаточности стандартных метрик для оценки анатомической корректности локализации органов.

Во второй главе разработана оригинальная методика обучения YOLOv5 на специализированном датасете, сформированном при участии клиницистов КММЦ им. Святителя Луки. Ключевым вкладом соискателя является разработка метрик DP (точность детекции), OR (достоверность объекта на основе плотности по Хаунсфилду) и OV (правдоподобие локализации с использованием «облаков правдоподобия»). Предложенный алгоритм нечеткой оценки, интегрирующий эти метрики, позволил снизить долю ложноположительных результатов на 30%, что подтверждено клинической экспертизой.

Третья глава решает задачу 3D-реконструкции объектов по данным 2D-детекции. Соискателем разработаны:

- алгоритм послойной сборки почек и камней с восстановлением пространственной структуры;
- методика расчета физических параметров конкрементов (масса, объем, плотность) на основе шкалы Хаунсфилда;
- инструменты 3D-визуализации, обеспечивающие интерактивное исследование объектов.

Четвертая глава демонстрирует практическую реализацию СППВР для процедуры лазерной литотрипсии. Ядром системы стал алгоритм нечеткого выбора режима работы лазера на основе анализа геометрии камней, их плотности и локализации. Реализация включает модули обработки DICOM-данных, нейросетевой детекции, верификации результатов и формирования протоколов лечения.

Научная новизна и достоверность результатов

Научная новизна работы подтверждается следующими положениями, выносимыми на защиту:

1. Разработаны метрики DP, OR и OV, обеспечивающие комплексную оценку детекции объектов на КТ-изображениях за счет учета не только геометрической точности, но и анатомической правдоподобности локализации и плотностных характеристик.

2. Создан алгоритм нечеткой оценки, снижающий ошибки детекции на 30% благодаря интеграции «облаков правдоподобия» и адаптивных порогов классификации.

3. Предложен метод 3D-реконструкции почек и камней по результатам 2D-детекции, позволяющий рассчитывать клинически значимые параметры (размеры, массу, плотность) и визуализировать пространственные взаимоотношения объектов.

4. Разработана архитектура СППВР, обеспечивающая сквозную обработку данных – от нейросетевого анализа до персонализированных рекомендаций по параметрам лазерного воздействия.

Достоверность результатов обеспечена использованием репрезентативной выборки КТ-данных; статистическим анализом эффективности алгоритмов; клинической апробацией в КММЦ им. Святителя Луки; внедрением результатов в учебный процесс Крымского федерального университета.

Практическая значимость и апробация

Практическая ценность работы подтверждена:

1. Внедрением СППВР в диагностическую практику КММЦ им. Святителя Луки (г. Симферополь) и Ставропольского краевого диагностического центра.
2. Регистрацией 3-х программ для ЭВМ, реализующих ключевые алгоритмы диссертации.
3. Публикацией результатов в 12 работах (включая 4 статьи в журналах ВАК по специальности 2.3.8).
4. Получением гранта программы «Старт-Искусственный интеллект» Фонда содействия инновациям.

Критические замечания

Несмотря на безусловные достоинства работы, следует отметить следующие замечания.

1. Сравнительный анализ архитектур нейросетей представлен фрагментарно. Требуется более глубокая верификация преимуществ YOLO перед Faster R-CNN или SSD в условиях ограниченных медицинских датасетов.
2. Вычислительная эффективность СППВР требует уточнения. Не приведены данные о времени обработки одного исследования в режиме реального времени и требованиях к аппаратным ресурсам.
3. Дисбаланс классов в датасете (патологические формы почек составили лишь 15% данных) потенциально мог повлиять на надежность детекции аномалий.
4. Перспективным направлением является расширение функционала системы для поддержки мультимодальных данных (например, принимать на вход не только изображения но и анамнез пациента).

Указанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей высокой оценки работы.

Заключение и соответствие специальности

Диссертационное исследование, выполненное Руденко А.В. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи разработки интегрированных алгоритмов обработки и анализа КТ-изображений на основе нейросетевых технологий и методов

