

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу 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 темы диссертации

Актуальность исследования обусловлена возрастающей потребностью в разработке эффективных методов автоматизированного анализа сложных трехмерных медицинских изображений, таких как компьютерная томография, для решения конкретных клинических задач. Экспоненциальный рост объемов данных в урологии, в частности при диагностике мочекаменной болезни, остро ставит проблему трудоемкости и субъективности ручной обработки изображений, что создает значительную вычислительную нагрузку. Существующие интеллектуальные системы поддержки принятия решений на базе нейронных сетей, несмотря на потенциал автоматизации детекции патологий, сталкиваются с существенными проблемами в практическом внедрении, связанными с недостаточной интерпретируемостью ("черный ящик"), слабой адаптацией к индивидуальным анатомическим вариациям и ограниченностью применяемых метрик оценки качества обработки изображений. Предложенные в диссертации алгоритмы, интегрирующие методы нейросетевой детекции объектов, технологии нечеткой логики для работы с неопределенностью и методы трехмерной реконструкции, представляют собой комплексный информационный подход к обработке медицинских данных. Они направлены на преодоление указанных проблем путем создания более надежных, интерпретируемых и адаптивных информационных технологий для анализа изображений, способных обеспечить всестороннюю обработку данных, необходимую для планирования сложных вмешательств. В контексте активного развития информационных технологий анализа объемных медицинских изображений данная исследовательская работа обладает высокой научной и практической значимостью.

Обоснованность результатов и достоверность выводов

Научные положения диссертации подкреплены глубоким анализом современных медицинских информационных систем и методов компьютерного зрения. Выбор архитектуры YOLO для детекции почек и камней обоснован сравнительным исследованием эффективности альтернативных подходов. Разработанные метрики оценки качества детекции (DP, OR, OV) и алгоритм нечеткой верификации прошли апробацию на реальных клинических данных, подтвердив повышение точности распознавания. Алгоритмы 3D-реконструкции органов, расчёта параметров камней (масса, плотность) и визуализации базируются на физических принципах (шкале Хаунсфилда).

Практическая значимость системы доказана внедрением в Клиническом медицинском центре им. Святителя Луки (Симферополь) и учебном процессе медицинских вузов.

Структура и содержание работы

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка литературы и семи приложений. Глава 1 анализирует применение МИС, СППВР и инструментов компьютерного зрения в урологии, описывает нейросетевую архитектуру YOLO для детекции объектов. Глава 2 представляет метод оценки качества детекции на основе предложенных метрик DP, OR, OV и алгоритма нечёткой верификации, снижающего ложноположительные результаты. Глава 3 описывает алгоритмы 3D-сборки почек/камней, расчета параметров (размеры, плотность, масса) и визуализации. Глава 4 разрабатывает СППВР для выбора режимов лазерной литотрипсии, включая архитектуру системы и модуль нечёткого вывода. Структура логична, содержание соответствует задачам исследования.

Научная новизна

К числу результатов, обладающих научной новизной, относятся:

1. Метрики оценки качества детекции (DP, OR, OV), учитывающие точность локализации, анатомическую реалистичность и плотностные характеристики объектов на КТ-изображениях.

2. Алгоритм нечёткой оценки результатов детекции, основанный на «облаках правдоподобия» и снижающий долю ложноположительных срабатываний.

3. Алгоритмы 3D-реконструкции и морфометрии объектов, позволяющие рассчитывать геометрические/физические свойства камней (объем, плотность, масса) на основе 2D-детекции и данных шкалы Хаунсфилда.

4. Архитектура СППВР для урологии, обеспечивающая сквозную обработку данных: от нейросетевого анализа до формирования рекомендаций по параметрам лазерного воздействия с использованием нечёткой логики.

Теоретическая значимость заключается в разработке адаптированного к медицинской визуализации алгоритма нечёткой верификации.

Практическая ценность подтверждена внедрением в Ставропольский краевой клинический консультативно-диагностический центр, использованием в образовательном процессе (Крымский федеральный университет, Медицинский институт им. С.И. Георгиевского) и регистрацией программных модулей.

Публикационная активность автора (12 работ, 4 статьи ВАК по специальности 2.3.8, 3 свидетельства на программу для ЭВМ) адекватно отражает содержание диссертации.

Замечания

Несмотря на безусловные достоинства работы, следует отметить некоторые замечания:

1. В первой главе автор анализирует различные типы нейронных сетей, применяемые при детектировании объектов заданных классов на медицинских изображениях, в частности архитектуру YOLO5v, используемую в рамках реализации алгоритма обнаружения камней в почках. Несмотря на то, что выбранная архитектура подходит для многих задач медицинской визуализации, существует множество альтернатив, обладающих хорошим балансом между качеством и эффективностью (YOLOv8, EfficientDet и др.). Однако на практике отсутствует сравнение обученной ИНС по ключевым метрикам оценки качества.

2. В рамках разработки алгоритма нечеткой оценки результатов определения объектов на медицинских изображениях (раздел 2.3) во входном векторе признаков помимо пространственных характеристик использованы предложенные ранее метрики (DP и OR). При этом автор не указывает подход к выбору параметров функций принадлежности, однако от этого зависит, насколько адекватно система будет интерпретировать входные данные и формировать логичные нечеткие правила.

3. Для проведения клинической валидации предложенных алгоритмов использованы преимущественно типичные случаи мочекаменных болезней, выявленных посредством компьютерной томографии. Однако эффективность обученных нейросетевых алгоритмов обнаружения и классификации объектов на медицинских изображениях требует дополнительного изучения при сложных аномалиях.

4. В рамках 3 главы автор описывает алгоритм трехмерной сборки объектов почек и камней, а также расчета параметров и визуализации найденных объектов по результатам детектирования на медицинских изображениях. Для клинического применения результатов особое значение имеет скорость обработки (от загрузки КТ до выдачи рекомендаций) и требования к вычислительным ресурсам. Данные аспекты недостаточно освещены в диссертации, что затрудняет оценку практической применимости системы в реальном времени.

5. При проектировании архитектуры системы поддержки принятия врачебных решений в урологии с использованием технологий компьютерного зрения (раздел 4.3) отсутствует описание механизмов интеграции с медицинскими информационными системами через стандарты (DICOM, HL7), что важно для масштабируемости решения.

Указанные недостатки не влияют на положительную оценку диссертационной работы.

Итоговая оценка диссертационной работы

Диссертация Андрея Владимировича Руденко представляет собой завершённое научное исследование, в котором содержится решение актуальной научной задачи повышения надежности и интерпретируемости автоматизированного анализа КТ-изображений в урологии на основе нейросетевого детектирования, 3D-реконструкции и нечеткой логики для систем поддержки врачебных решений.

Оформление работы полностью соответствует требованиям, полученные результаты соответствуют целям и задачам исследования. Диссертация соответствует паспорту специальности 2.3.8. Информатика и информационные процессы, содержит новые обоснованные и достоверные научные результаты, обладает практической значимостью, подтвержденной внедрением в практическую деятельность. Автореферат и научные публикации отражают содержание диссертации. В тексте диссертационной работы приведены ссылки на источники, использованные в исследовании.

Таким образом, диссертация «Алгоритмы обработки и анализа изображений для интеллектуальной системы поддержки принятия решений в урологии» соответствует критериям Положения о присуждении учёных степеней (утв. Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 в редакции 16.10.2024), а ее автор Руденко А. В. заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.8. Информатика и информационные процессы.

Официальный оппонент
доктор технических наук, профессор
заведующий кафедрой прикладной математики
ФГБОУ ВО «Оренбургский
государственный университет»



И.П. Болодурина

27.08.2025

Контактная информация:

Болодурина Ирина Павловна,

Научная специальность докторской диссертации:

05.13.10 Управление в социальных и экономических системах

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет»

Адрес: 460018, Оренбургская область, г. Оренбург, просп. Победы, д. 13

Телефон: +7 (35-32) 37-25-36

Email: prmat@mail.osu.ru

Согласен на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета и дальнейшую их обработку.

Подпись Болодуриной И.П. удостоверяю:

Главный ученый секретарь – начальник
отдела диссертационных советов,
доктор технических наук, профессор



А.П. Фот