

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научной
и инновационной деятельности
СПбГЭТУ «ЛЭТИ», д.т.н., профессор
А.А. Семенов



2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации

«Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)»

на диссертационную работу Хрящева Владимира Вячеславовича
«Система поддержки принятия врачебных решений на основе анализа
эндоскопических видеоизображений с применением методов искусственного
интеллекта», представленную на соискание ученой степени

доктора технических наук по специальности

2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения
(технические науки)

Актуальность диссертационной работы

Рассматриваемая диссертационная работа посвящена разработке и исследованию систем поддержки принятия врачебного решения (СППВР) в эндоскопии желудочно-кишечного тракта (ЖКТ). Основой для построения СППВР являются методы обнаружения, сегментации и классификации объектов на эндоскопических видеоизображениях, основанные на технологиях глубокого обучения.

Разработка методов на основе технологии глубокого обучения для анализа медицинских изображений связано с рядом особенностей, которые отличают эту задачу от аналогичных ее применений во многих других областях. Медицинские изображения обладают высокой вариативностью, сложностью для анализа и интерпретации. Сбор больших аннотированных наборов медицинских изображений (датасетов) усложнен ввиду целого ряда факторов: конфиденциальности, присутствия редких патологий (несбалансированность данных) и высоких трудозатрат медицинского персонала (врачей экспертов) на процессы сбора и разметки данных. Для решения проблемы сбора больших медицинских датасетов используют следующие подходы: трансферное обучение нейронных сетей, аугментация данных, генерация синтетических обучающих данных. Тем не менее сегодня практически отсутствуют открытые наборы эндоскопических видеоданных с разметкой областей интереса, пригодные для обучения нейросетевых алгоритмов обнаружения и сегментации объектов.

Автором предложена совокупность методов и алгоритмов для построения СППВР в

эндоскопии на основе глубокого машинного обучения в условиях практической ограниченности входного набора аннотированных видеоизображений

Таким образом, тема диссертационной работы «Система поддержки принятия врачебных решений на основе анализа эндоскопических видеоизображений с применением методов искусственного интеллекта» является актуальной.

Общая характеристика работы. Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения, списка сокращений и условных обозначений, списка литературы, содержащего 315 наименований, и приложения с актами внедрения. Все структурные элементы диссертации, обязательные в подобных работах, присутствуют.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, сформулированы цель и задачи исследования, изложены основные положения, выносимые на защиту, показаны научная новизна и практическая значимость работы.

В первой главе рассмотрены существующие подходы к построению СППВР для эндоскопических исследований ЖКТ. Проведен обзор методов и алгоритмов анализа и цифровой обработки видеоизображений, применяемых для их построения.

Во второй главе описана концепция построения СППВР в эндоскопии ЖКТ и усовершенствованная архитектура системы на основе СНС, работающей в качестве программного ядра СППВР, а также в условиях практической ограниченности входного набора аннотированных видеоизображений.

В третьей главе предложен метод контроля качества колоноскопического исследования. Для решения задачи разработан алгоритм детектирования купола слепой кишки на видеопоследовательностях, а также алгоритм определения некачественных изображений (размытых, с артефактами сжатия, неинформативных), сохраненных в медико-информационной системе в рамках проведенного колоноскопического исследования.

В четвертой главе рассмотрены задачи детектирования и сегментации колоректальных полипов – аномальных разрастаний ткани, выступающих над слизистой оболочкой. Своевременное и точное детектирование полипов кишечника, а также их удаление являются важнейшим элементом в профилактике колоректального рака.

В пятой главе производится тестирование нейросетевых методов и алгоритмов детектирования и классификации патологий на эндоскопических видеоизображениях желудка.

В шестой главе производится тестирование предложенных методов и алгоритмов в рамках аппаратно-программных комплексов на эндоскопических видеоизображениях в условиях реальной клинической практики.

В заключении диссертации подводятся краткие итоги и делаются выводы из проведенного исследования.

Научная новизна результатов диссертационной работы

К основным научным результатам, полученным в диссертации следует отнести:

1. Процедуру расширения баз эндоскопических видеоданных для нейросетевых решений, позволяющую снизить нормированные трудозатраты врачей-эндоскопистов.
2. Метод контроля качества колоноскопического исследования на основе алгоритмов детектирования купола слепой кишки с использованием алгоритмов сопровождения областей интереса и анализа оптического потока.
3. Алгоритмы детектирования и сегментации полипов на колоноскопических видеоданных, работающие в условиях ограниченности входного набора

аннотированных видеоизображений.

4. Алгоритмы детектирования и классификации аномальных областей (рак, ранний рак, иные патологии) на гастроскопических видеоизображениях желудка, позволяющие повышать достоверность диагностики в стандартном режиме и в режиме с оптическим увеличением.

Практическая значимость результатов, полученных в диссертации, заключается в повышении достоверности диагностики онкологических и других заболеваний при скрининговых и клинических исследованиях ЖКТ. В рамках диссертационной работы:

1. Разработаны и апробированы в лечебных учреждениях системы на базе зарегистрированного программного обеспечения «EndoscopyVA.RT – программа для анализа эндоскопических видеоизображений в реальном времени на основе методов искусственного интеллекта» и «EndoscopyDSS.Hub – программа для визуализации результатов эндоскопических исследований с учетом анализа видеоданных методами искусственного интеллекта» для СППВР в эндоскопических исследованиях желудка и кишечника.
2. Созданы и зарегистрированы размеченные базы изображений кишечника и желудка – «IntestinesImages» и «StomachImages», которые могут служить основой для дальнейших прикладных научных исследований и НИОКР в области автоматического анализа эндоскопических видеоизображений ЖКТ.
3. Для поддержки принятия врачебных решений в гастроскопии желудка решены следующие задачи: поиск областей рака/раннего рака, детектирование других патологических областей, контроль качества проведения исследования. Соответствующий аппаратно-программный комплекс внедрен в деятельность эндоскопического отделения Ярославской областной клинической онкологической больницы.
4. Разработана методика создания баз эндоскопических видеоизображений с аннотацией патологических областей, позволяющая снизить временные затраты врачей-эндоскопистов на процедуру разметки на 35-45%. Методика протестирована на выборке из более 100 исследований и внедрена в национальном медико-хирургическом центре имени Н.И. Пирогова (г. Москва).
5. Созданы производительные алгоритмы детектирования и сегментации колоректальных полипов на эндоскопических изображениях и видеоданных, работающие с точностью свыше 80%. Предложенное аппаратно-программное решение внедрено в национальном медико-хирургическом центре имени Н.И. Пирогова и используется для частичной автоматизации диагностики, контроля качества исследований, а также обучения и повышения квалификации врачей-эндоскопистов.
6. Разработан и внедрен в разработки ООО «А-Вижн» (г. Ярославль) алгоритм детектирования купола слепой кишки на видеоданных колоноскопических исследований, работающий с точностью порядка 90%. Использование данного алгоритма в Ярославской областной клинической онкологической больнице позволяет осуществлять контроль качества проведенного колоноскопического исследования.
7. Осуществлена интеграция разработанных нейросетевых алгоритмов обработки и анализа эндоскопических видеоизображений с внешней специализированной

эндоскопической медико-информационной системой, разрабатываемой ООО «ЭМИС» (г. Ярославль).

Практическая значимость работы подтверждается внедрением ее результатов в ФГБУ «НМХЦ им. Н.И. Пирогова» Минздрава России (Пироговский центр, г. Москва), в ГБУЗ ЯО «Клиническая онкологическая больница» (г. Ярославль), в Медицинский центр диагностики и профилактики (г. Ярославль), а также в перспективные разработки компаний ООО «А-Вижн» (г. Ярославль), ООО «ЭМИС» (г. Ярославль).

Рекомендации по практическому использованию результатов диссертационной работы.

Полученные результаты, выводы и рекомендации имеют выраженную практическую направленность и значимость, могут использоваться в системах поддержки принятия врачебных решений в эндоскопии ЖКТ.

Апробация работы. Результаты работы обсуждались на 49 научных конференциях различного уровня, среди которых: «Цифровая обработка сигналов и ее применение» (DSPA), Москва, ИПУ РАН, 2005-2025; «Телевидение: передача и обработка изображений», Санкт-Петербург, ЛЭТИ, 2016-2018; «Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике», Пенза, 2022-2024; Биотехнические, медицинские и экологические системы, измерительные устройства и робототехнические комплексы («Биомедсистемы»), Рязань, 2024; Научная сессия, посвященной Дню радио, Москва, 2019-2025; Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению «ГрафиКон», Москва, МГУ, 2010-2023; «Нейроинформатика», Москва, МИФИ, 2023 и др.

По теме диссертации опубликовано 107 научных работ, из которых: 27 публикаций в журналах из перечня ВАК при Минобрнауки России, 3 публикации в журналах из перечня ВАК при Минобрнауки России по другим научным специальностям, 25 публикаций с индексацией в международной системе Scopus, 45 публикаций в сборниках трудов конференций (РИНЦ), 2 патента на изобретение РФ, 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, 2 свидетельства о государственной регистрации баз данных.

Замечания по диссертационной работе

1. К основному недостатку диссертационной работы следует отнести недостаточно общий характер предложенных автором решений для достижения сформулированной цели исследования, а именно повышения достоверности эндоскопических исследований желудочно-кишечного тракта за счет применения методов глубокого машинного обучения для обработки и анализа видеоизображений. В значительной степени работа содержит описания, безусловно важных в контексте достижения поставленной цели, но в значительной степени частных решений.
2. В работе приведен очень большой объем медицинской информации, что показывает наличие выраженной специфики как исходных данных, так и области применения разработанных решений. При этом в предлагаемых методах и алгоритмах анализа видеoinформации эта специфика практически не учитывается. Используемые архитектуры нейросетевых моделей, алгоритмы компьютерного зрения являются типовыми. Это порождает ряд вопросов. Каковы границы применимости предложенных решений? Почему указанная специфика никак не отразилась в синтезе алгоритмов или создании специализированных для рассматриваемых задач новых (или модифицированных) нейросетевых архитектур? Логично предположить, что эти меры позволили бы повысить точностные характеристики предложенных

решений.

3. Вторая часть исследования, в которой дано описание предложенных методов и алгоритмов анализа видеоданных для решения целевых задач, носит описательный характер, более подходящий для технического отчета. Излишне приведены данные о тонкой настройке и выборе значений параметров конкретных нейросетевых архитектур. При этом сами архитектуры с учетом быстрого развития научной сферы ИИ на сегодняшний момент уже не являются новыми. В данном случае не хватает обобщающих выводов. Если были бы даны более общие рекомендации по нюансам использования, например, одностадийных детекторов или гибридных архитектур применительно к решаемым задачам – работа, несомненно, выиграла бы в плане сохранения практической актуальности в среднесрочной перспективе.
4. В диссертации отмечается, что современные подходы в анализе изображений опираются на сверточные нейронные сети (СНС). При этом в качестве проблем указывается, что СНС требуют больших объемов баз данных для обучения и вычислительных ресурсов. Однако представляется, что на сегодня ситуация несколько иная. Фронтиром является использование визуальных трансформеров – ViT. А СНС как раз применяют потому, что они относительно «быстрые». Если нет критических ограничений на ресурсы (а в эндоскопии для вычислителя их нет ни по питанию, ни по массе или габаритам и пр.), то СНС на современной аппаратуре работают в реальном времени не только на FHD изображениях (этот вопрос уже не ставится), но и на 4K. Требование о необходимости больших объемов данных дискуссионное. На современном этапе уже не нужно иметь базы, содержащие 200 тысяч изображений, обычно вполне достаточно 3-4 тысячи снимков на класс (при условии репрезентативной выборки).
5. В работе не хватает сравнительных исследований предложенных решений с аналогами уровня state of the art (SoTA). Автор приводит расчеты для множества нейросетевых моделей и конкурирующих подходов, но все результаты получены в ходе собственного моделирования. При этом, например, задача сегментации полипов является очень популярной и можно найти результаты SoTA аналогов на известных открытых базах (в том числе и на KVASIR). Сравнение с ними позволило бы точнее и более достоверно оценить практическую значимость методов и алгоритмов, предложенных в диссертации.
6. В предложенном алгоритме детектирования купола слепой кишки (КСК) очень много эмпирических решений, которые слабо обоснованы. Сомнения в том, что алгоритм в целом работоспособен и решает поставленную задачу нет (приведены результаты экспериментов и апробации), но возникает ощущение избыточности (решение получилось достаточно громоздким и явно ресурсоемким) и некоторой хаотичности разработки.

Отмеченные замечания существенным образом не снижают научной и практической ценности представленной работы, заслуживающей положительной оценки.

Заключение

Диссертационная работа Хрящева В.В. представляет собой законченное исследование, в котором решена научная проблема, имеющая важное социально-экономическое значение в области разработки приборов, систем и изделий медицинского назначения, – усовершенствование аппаратно-программных видеоэндоскопических комплексов. Ее решение приводит к повышению достоверности диагностики онкологических и других заболеваний при исследованиях ЖКТ.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Учитывая актуальность выполненных исследований, научную новизну и практическую значимость полученных результатов, можно считать, что представленная диссертация соответствует научной специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения, удовлетворяет требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (в редакции от 18.03.2023), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Хрящев Владимир Вячеславович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук по указанной специальности.

Отзыв обсужден и поддержан на заседании кафедры телевидения и видеотехники федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» «15» сентября 2025 года, протокол № 2-25/26.

к.т.н., доцент, доцент кафедры
телевидения и видеотехники
Санкт-Петербургского государственного
электротехнического университета «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)



Мотыко Александр Александрович

Зав. кафедрой телевидения и видеотехники
Санкт-Петербургского государственного
электротехнического университета «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)
д.т.н., профессор



Обухова Наталия Александровна

15.09.2025

Адрес ведущей организации: федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Адрес: 197022, г. Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, д. 5 литера Ф.

Телефон: +7 (812) 234-46-51

Адрес электронной почты: info@etu.ru