

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.357.01,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК**

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от «09» октября 2025 г. № 9

О присуждении **Хрящеву Владимиру Вячеславовичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора технических наук.

Диссертация «Система поддержки принятия врачебных решений на основе анализа эндоскопических видеоизображений с применением методов искусственного интеллекта» по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки) принята к защите «03» июля 2025 г., протокол № 6, диссертационным советом 24.2.357.01, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пензенский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 440026, г. Пенза, ул. Красная, д. 40, приказ Минобрнауки России № 714/нк от 02.11.2012. Полномочия совета продлены приказом Минобрнауки России № 561/нк от 03.06.2021.

Соискатель Хрящев Владимир Вячеславович, 21 апреля 1978 года рождения, в 2000 году окончил с отличием Ярославский государственный университет имени П.Г. Демидова по специальности «Радиофизика и электроника». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук на тему «Анализ применения нейронных сетей в некоторых задачах цифровой обработки изображений» защитил в 2004 году в диссертационном совете, созданном на базе Ярославского зенитно-ракетного института противовоздушной обороны по специальности 05.12.04. Радиотехника, в том числе системы и устройства радионавигации, радиолокации и телевидения (диплом кандидата технических наук КТ №140472 от 28.01.2005). В 2008 году присвоено ученое звание доцента по кафедре динамики электронных систем (аттестат ДЦ № 020302, приказ от 15.10.2008 № 1939/1120-д).

В настоящее время работает в должности доцента кафедры цифровых технологий и машинного обучения ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре цифровых технологий и машинного обучения ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный консультант – Приоров Андрей Леонидович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры цифровых технологий и машинного обучения ФГБОУ ВО «Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

Крамм Михаил Николаевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский университет «МЭИ», профессор кафедры «Основы радиотехники» (г. Москва);

Сушкова Людмила Тихоновна, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», профессор кафедры «Электроника, приборостроение и биотехнические системы» (г. Владимир);

Мельник Ольга Владимировна, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина», профессор кафедры «Информационно-измерительная и биомедицинская техника» (г. Рязань)

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» (г. Санкт-Петербург) в своем положительном отзыве, подписанном заведующим кафедрой телевидения и видеотехники, д.т.н., профессором **Обуховой Наталией Александровной** и доцентом кафедры телевидения и видеотехники, к.т.н., доцентом **Мотыко Александром Александровичем** и утвержденном проректором по научной и инновационной деятельности, д.т.н., профессором **Семеновым Александром Анатольевичем**, указала, что 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.

Соискатель имеет 265 опубликованных работ, по теме диссертации опубликовано 107 научных работ, из которых: 27 публикаций в журналах из перечня ВАК при Минобрнауки России, 25 публикаций с индексацией в международной системе Scopus, 2 патента на изобретение РФ, 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, 2 свидетельства о государственной регистрации баз данных. Единолично опубликована 21 научная работа. В работах, написанных совместно, автору принадлежат методы, алгоритмы и программные средства: обнаружения и визуализации областей интереса при эндоскопических исследованиях; определения оптимальных параметров нейросетевых моделей; выбора того или иного метода предварительной фильтрации, оценки качества и постобработки видеоизображения; построения методики полуавтоматической разметки эндоскопических изображений объекта интереса; структуры построения программно-аппаратного комплекса для обработки эндоскопического потока в режиме реального времени. Автор обладает опытом руководства НИР по тематике диссертации в рамках выполнения грантов РФФИ, являлся научным руководителем и исполнителем по программам Фонда содействия инновациям по тематике создания систем поддержки принятия врачебных решений (СППВР) в эндоскопии.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значимые научные труды:

1. Хрящев, В. В. Сегментация изображений полипов при колоноскопическом исследовании с использованием нейронных сетей / В. В. Хрящев // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2023. – Т. 26, № 4. – С. 66–72.

2. Хрящев, В. В. Классификация эндоскопических изображений устья червеобразного отростка на основе методов глубокого машинного обучения / В. В. Хрящев, Д. В. Завьялов, А. С. Андержанова // Цифровая обработка сигналов. – 2023. – № 1. – С. 35–38.

3. Хрящев, В. В. Обнаружение полипов на колоноскопических изображениях при помощи алгоритмов на базе нейросетевой архитектуры YOLO / В. В. Хрящев, А. Л. Приоров, А. А. Лебедев, Н. А. Котов // Цифровая обработка сигналов. – 2023. – № 3. – С. 27–31.

4. Хрящев, В. В. Система поддержки принятия врачебного решения с использованием модуля искусственного интеллекта для эндоскопических исследований желудка / В. В. Хрящев // Медицинская техника. – 2023. – № 6. – С. 44–47.

5. Хрящев, В. В. Неэталонная оценка качества изображений колоноскопических исследований / В. В. Хрящев, А. Г. Седов, А. Л. Приоров // Цифровая обработка сигналов. – 2024. – № 3. – С. 44–49.

6. Хрящев, В. В. Использование алгоритмов цифровой обработки изображений в задаче попиксельного детектирования патологий в колоноскопии /

В. В. Хрящев, А. Л. Приоров, Н. А. Котов, К. И. Малыгин // Модели, системы, сети в экономике, технике, природе и обществе. – 2024. – № 4. – С. 86–97.

7. Хрящев, В. В. Концепция построения системы поддержки принятия врачебных решений в эндоскопии желудочно-кишечного тракта / В. В. Хрящев // Измерение. Мониторинг. Управление. Контроль. – 2025. – № 2. – С. 137–144.

8. Хрящев, В. В. Комбинированный алгоритм анализа изображений для контроля качества колоноскопического исследования / В. В. Хрящев, Н. А. Котов, А. А. Тихомиров, И. С. Ненахов // Биомедицинская радиоэлектроника. – 2025. – Т. 28, № 1. – С. 64–74.

На диссертацию и автореферат поступило 8 отзывов:

1. Из ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет» (г. Киров), составленный профессором кафедры радиоэлектронных средств Медведевой Е.В., доктором технических наук, доцентом;

2. Из ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» (г. Красноярск), составленный заведующим кафедрой «Информатика и вычислительная техника» Фаворской М.Н., доктором технических наук, профессором;

3. Из ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет» (г. Воронеж), составленный заведующим кафедрой технологий обработки и защиты информации Сиротой А.А., доктором технических наук, профессором;

4. Из ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ МИЭТ) (г. Москва, г. Зеленоград), составленный профессором Института микроприборов и систем управления им. Л.Н. Преснухина Джиганом В.И., доктором технических наук, профессором;

5. Из ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет ИТМО» (г. Санкт-Петербург), составленный профессором факультета информационных технологий и программирования, руководителем международной лаборатории «Многомодальные биометрические и речевые системы» Матвеевым Ю.Н., доктором технических наук;

6. Из ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича» (г. Санкт-Петербург), составленный профессором кафедры цифрового телевидения и метрологии, заслуженным деятелем науки РФ, лауреатом премии Правительства РФ по науке Гоголем А.А., доктором технических наук;

7. Из ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет» (г. Череповец), составленный заведующим кафедрой математического и программного обеспечения ЭВМ, директором Института информационных технологий Ершовым Е.В., доктором технических наук, профессором;

8. Из ФГБУ «НИЦ «Курчатовский институт» (г. Москва), составленный старшим научным сотрудником лаборатории технологии микро-наносистемной техники (№3) обособленного подразделения «Отдел микротехнологий» – Ярославль Отделения физико-технологических исследований им. К.А. Валиева

Центра перспективной микроэлектроники Уваровым И.В., доктором технических наук.

Все отзывы положительные. В отзывах отмечены актуальность и перспективность выбранной тематики диссертационной работы, новизна полученных результатов и их важность для науки и практики, высоко оценен большой объем работы, выполненный по диссертационному исследованию.

Наиболее существенные замечания по автореферату:

1. Ограниченно представлены результаты тестирования разработанных методов и алгоритмов искусственного интеллекта на видеоданных. Основные результаты по алгоритмам детекции и сегментации (для колоректальных полипов и патологий желудка) представлены только на отдельных видеокадрах.

2. В третьей главе для анализа оптического потока выбран классический метод Хорна-Шунка, который не отражает прогресс современных методов и алгоритмов в этой области видеообработки.

3. Тестирование робастности алгоритмов классификации и сегментации для желудка проводилось только на моделях эндоскопов одного производителя (Olympus). Неясно, как система будет работать с видеоданными систем от других производителей (Fujifilm, Pentax и др.) или в более сложных условиях (обильное кровотечение, плохая подготовка органов желудочно-кишечного тракта).

4. Не проведен анализ сильных и слабых сторон существующих эндоскопических систем поддержки принятия врачебного решения зарубежных производителей, работающих на основе методов искусственного интеллекта (CAD-EYE и др.).

5. Слабо отражены результаты для исследований желудка в режиме с оптическим увеличением. Не приведены результаты исследования эффективности нейросетевых алгоритмов в этом критически важном для обнаружения раннего рака режиме работы.

6. Не рассмотрены вопросы переобучения на небольших базах изображений, таких как Kvasir-SEG, и достаточности обучающей выборки для обучения таких сложных архитектур как YOLO и D-Fine.

Во всех отзывах отмечено, что отраженные в них замечания не носят принципиального характера и не ставят под сомнение научную ценность диссертационной работы и ее результаты.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью и высоким профессионализмом лиц, привлеченных к научной экспертизе диссертации. Оппонентами доктором технических наук, профессором Краммом М.Н., доктором технических наук, профессором Сушковой Л.Т., доктором технических наук, доцентом Мельник О.В. за последние 5 лет опубликовано значительное число публикаций в ведущих рецензируемых научных изданиях по тематике исследований в области создания приборов, систем и изделий медицинского назначения.

Ведущая организация федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)» обладает большим набором разработок и достижений в области анализа

видеоизображений в эндоскопических медицинских системах, проведенных под руководством заведующим кафедрой телевидения и видеотехники – Обуховой Н.А. Сотрудниками ведущей организации за последние 5 лет опубликовано 10 научных работ по тематике, близкой к диссертационному исследованию соискателя.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обусловлен также отсутствием совместных с соискателем проектов и печатных работ.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана научная концепция построения систем поддержки принятия врачебных решений в эндоскопии желудочно-кишечного тракта, основанная на методах глубокого машинного обучения и отличающаяся оригинальными алгоритмами цифровой обработки и анализа изображений и видеопоследовательностей, которая позволяет расширить функциональные возможности применения систем искусственного интеллекта в условиях практической ограниченности входного набора аннотированных видеоданных;

предложены методы обработки и анализа эндоскопических видеоизображений, учитывающие априорную информацию об объекте исследования и явление межкадровой корреляции видеоданных, позволяющие повышать достоверность диагностики в стандартном режиме и в режиме с оптическим увеличением;

доказаны эффективность и целесообразность применения разработанного программного обеспечения на основе методов и алгоритмов искусственного интеллекта, показывающего при выполнении конкретных задач значения точности выше 80%, что сопоставимо с результатами деятельности врачей-эндоскопистов и может использоваться в аппаратно-программных эндоскопических комплексах российского производства;

введены понятия «физическая разметка» и «физическая аугментация», описывающие методики для расширения баз эндоскопических изображений и видеоданных с целью снижения трудозатрат врачей-эндоскопистов на этапе подготовки данных для обучения нейросетевых моделей.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

доказаны:

– **целесообразность использования** дополнительных модулей и алгоритмов цифровой обработки видеоизображений в системе искусственного интеллекта, позволяющих достичь результатов по точности обнаружения и классификации патологий на видеоданных, сопоставимых со средним результатом, показываемым врачом во время диагностической эндоскопической процедуры;

– **востребованность применения** методологии расширения баз эндоскопических изображений и видеоданных для обучения, валидации и тестирования систем искусственного интеллекта, что позволяет снизить нормированные трудозатраты врачей-эндоскопистов;

– **реализуемость** метода контроля качества скринингового колоноскопического исследования и алгоритмов анализа видеопоследовательностей его реализующего;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы основные положения теории цифровой обработки сигналов, изображений и видеопоследовательностей, компьютерного зрения, аппарата теории нейронных сетей и глубокого машинного обучения. Для реализации аппаратно-программных комплексов использовались среды программирования Qt и Python;

изложены ключевые особенности и проблемы, связанные с обнаружением и классификацией патологий на эндоскопических видеоданных в рамках скрининговых и клинических исследований желудочно-кишечного тракта;

раскрыты недостатки существующих методов обработки и анализа эндоскопических изображений на основе глубоких нейросетевых моделей, связанные с ограниченностью входного набора аннотированных видеоданных, отсутствием интерпретации по принятию того или иного решения в задачах обнаружения и классификации патологий;

изучено влияние параметров нейросетевых алгоритмов на характеристики процессов обучения и валидации и на значения метрик качества, характеризующих точность работы итоговых комплексов и систем;

проведена модернизация методов и алгоритмов детектирования, сегментации и классификации патологических областей на видеоизображениях эндоскопических исследований желудочно-кишечного тракта.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны и внедрены:

- методы и алгоритмы обнаружения и классификации областей рака/раннего рака на видеоизображениях эндоскопических исследований желудка, алгоритмы детектирования других патологических областей, метод контроля качества проведения колоноскопического исследования (эндоскопическое отделение Ярославской областной клинической онкологической больницы, г. Ярославль);

- методы и алгоритмы детектирования и сегментации колоректальных полипов на эндоскопических изображениях и видеоданных для частичной автоматизации диагностики, контроля качества исследований, а также обучения и повышения квалификации врачей-эндоскопистов, методика создания баз эндоскопических видеоизображений с аннотацией патологических областей, позволяющая снизить временные затраты врачей-эндоскопистов на процедуру разметки (национальный медико-хирургический центр имени Н.И. Пирогова, г. Москва);

- метод и программа для детектирования купола слепой кишки на видеоданных колоноскопических исследований (ООО «А-Вижн», г. Ярославль), использование данного алгоритма в Ярославской областной клинической онкологической больнице позволяет осуществлять контроль качества проведенного колоноскопического исследования;

- программное обеспечение для интеграции разработанных нейросетевых алгоритмов обработки и анализа эндоскопических видеоизображений с внешней

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

определены области и перспективы практического применения разработанных методов, алгоритмов и аппаратно-программных комплексов для использования в качестве системы поддержки принятия врачебных решений в эндоскопии желудочно-кишечного тракта;

созданы:

- концепция построения систем поддержки принятия врачебных решений в эндоскопии желудочно-кишечного тракта на основе методов и алгоритмов глубокого машинного обучения, отличающаяся оригинальными методами цифровой обработки изображений и видеопоследовательностей, которая позволяет расширить функциональные возможности ее применения в условиях практической ограниченности входного набора аннотированных видеоданных;

- базы эндоскопических изображений с разметкой, аннотированием и врачебной валидацией областей появления патологий, их использование в системах поддержки принятия врачебных решений закладывает фундамент для дальнейшего совершенствования методов искусственного интеллекта и алгоритмов анализа видеоизображений;

- специализированное программное обеспечение для контроля качества, визуализации и сопоставления результатов эндоскопической диагностики;

- аппаратно-программный комплекс для захвата, разметки, обработки и хранения видеоизображений эндоскопических исследований;

- программное обеспечение для интеграции разработанных нейросетевых алгоритмов обработки эндоскопических видеоизображений с внешней специализированной эндоскопической медико-информационной системой;

представлены рекомендации по практическому использованию результатов диссертационной работы и дальнейшему развитию данного направления исследований.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ эндоскопические видеоизображения желудочно-кишечного тракта получены с использованием современного сертифицированного медицинского оборудования, методы обучения глубоких нейронных сетей реализованы с помощью общеизвестного открытого математического программного обеспечения, использованные допущения обоснованы;

полученные результаты показали снижение уровня пропущенных новообразований на 3-5%, что подтверждает целесообразность использования системы для обнаружения и классификации патологических изменений желудочно-кишечного тракта;

теория построена с корректным использованием известных методов цифровой обработки видеоизображений и методов глубокого машинного обучения, согласуется с аналогичными результатами, известными из российских и зарубежных научно-технических источников;

идея базируется на основе обобщения опыта решения задач в области построения систем поддержки принятия врачебных решений при скрининговых и клинических исследованиях желудочно-кишечного тракта;

использовано: сравнение авторских данных и известных результатов по тематике диссертационной работы в рамках задач обнаружения и классификации на стандартных верифицированных наборах эндоскопических изображений с аннотацией патологических новообразований;

установлены качественные и количественные преимущества предложенных автором научных и технических решений по сравнению с известными аналогами в области решения ключевых задач для построения систем поддержки принятия врачебных решений в эндоскопии;

использованы современные компьютерно-ориентированные методики сбора и обработки исходной видеоинформации, математический аппарат цифровой обработки видеоизображений, моделирования и анализа полученных результатов.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном участии и личном получении обладающих научной новизной теоретических и практических результатов, относящихся к разработке концепции построения системы поддержки принятия врачебных решений в гастроскопии и колоноскопии, к разработке методов и средств обнаружения и визуализации областей интереса при эндоскопических исследованиях, в том числе разработке аппаратно-программных решений, обработке, интерпретации и обобщении полученных результатов, формулировке выводов и рекомендаций, апробации результатов исследований, подготовке научных публикаций и докладов по теме диссертации, внедрении результатов работы.

Все основные результаты, составляющие содержание диссертации и представленные к защите, получены автором самостоятельно.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие критические замечания:

- предлагаемые решения проработаны недостаточно универсально и требуют дальнейшего обобщения для повышения достоверности эндоскопических исследований желудочно-кишечного тракта за счет применения методов глубокого машинного обучения для обработки и анализа видеоизображений;

- для исследований желудка не раскрыты типичные случаи ложных срабатываний или пропусков патологий;

- недостаточно проработан интерфейс взаимодействия системы искусственного интеллекта и врача;

- не в полной мере раскрыт метод повышения достоверности на этапе разметки данных.

Соискатель Хрящев В.В. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию, с основной частью замечаний согласился.

На заседании 09 октября 2025 г. диссертационный совет 24.2.357.01 принял решение:

за новые научно обоснованные решения для аппаратно-программных видеоэндоскопических комплексов, внедрение которых в системы поддержки

принятия врачебных решений для скрининговых и клинических исследований желудочно-кишечного тракта вносит значительный вклад в социально-экономическое развитие страны в отрасли медицинского приборостроения, создания систем и изделий медицинского назначения присудить Хрящеву В.В. ученую степень доктора технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 8 докторов наук по специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки), участвовавших в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» – 19, «против» – 0, недействительных бюллетеней – 0.

Председатель
диссертационного совета
д.т.н., профессор

Ученый секретарь
диссертационного совета
д.т.н., профессор

 Чувыкин Борис Викторович

 Светлов Анатолий Вильевич

Дата оформления заключения 09 октября 2025 г.