

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.224.03,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«ИНФОРМАТИКА И УПРАВЛЕНИЕ»
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК»,
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ
СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № _____

Решение диссертационного совета 24.1.224.03 от 25.12.2025, № 19

О присуждении Волкову Егору Николаевичу, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы автоматического анализа ретинальных изображений на основе нейронных сетей глубокого обучения» по специальности 1.2.1 – «Искусственный интеллект и машинное обучение» принята к защите 16 октября 2025 г., протокол № 10, диссертационным советом 24.1.224.03 на базе Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление» Российской Академии Наук» (ФИЦ ИУ РАН), 119333, г. Москва, ул. Вавилова, д. 44/2, созданным на основании приказа Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 1732/нк от 13.12.2022.

Соискатель – Волков Егор Николаевич, дата рождения 11 июля 1998 года, гражданин Российской Федерации, в 2022 году окончил очную магистратуру Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования Московской области «Университет «Дубна» по направлению подготовки 27.04.03 «Системный анализ и управление». С 2022 по 2025 год обучался в очной аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения высшего образования «Университет «Дубна» по научной специальности 2.3.1 «Системный анализ, управление и обработка информации, статистика». В настоящее время работает в отделе № 14 ФИЦ ИУ РАН в должности младшего научного сотрудника.

Диссертация выполнена в отделе №14 ФИЦ ИУ РАН.

Научный руководитель – Аверкин Алексей Николаевич, кандидат физико-математических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела № 14 ФИЦ ИУ РАН.

Официальные оппоненты:

Еремеев Александр Павлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры прикладной математики и искусственного интеллекта ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ»;

Ямаев Андрей Викторович, кандидат технических наук, старший инженер ООО «КОУЛМЭН ТЕХ».

дали **положительные** отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет» в своем **положительном** отзыве, подписанном заведующим кафедрой информационных технологий, д.ф.-м.н., профессором Язениным А.В., указала, что диссертация Волкова Е.Н. посвящена разработке и исследованию новых методов автоматического анализа ретинальных изображений (снимков фундус-камеры и оптических когерентных томограмм) на основе нейронных сетей глубокого обучения для повышения точности диагностики заболеваний сетчатки глаза на основе интеллектуальной идентификации и оценки биомаркеров. В результате данной работы разработаны методы автоматического анализа ретинальных изображений двух модальностей, реализованные в специализированном программном обеспечении. Полученные в диссертации результаты имеют научную и практическую значимость, обладают высокой степенью переносимости и могут быть адаптированы для анализа других видов биомедицинских изображений, что расширяет область применения предложенных подходов за рамки офтальмологии. Отмечено, что полученные результаты могут использоваться: при построении клинических систем скрининга и мониторинга диабетической ретинопатии и диабетического макулярного отёка; при разработке новых интерпретируемых модулей интеллектуального анализа биомедицинских изображений; в образовательном процессе (курсы по глубокому обучению, медицинской информатике и компьютерному зрению); в научных исследованиях, связанных с формированием специализированных коллекций данных. Сформулирован ряд замечаний, которые носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки диссертации. Отмечено, что диссертация соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1 – «Искусственный интеллект и машинное обучение», а её автор, Волков Е.Н., заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по данной специальности.

Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 18 работах. В журналах из перечня ВАК РФ – 5, в изданиях, индексируемых в международной базе Scopus – 13.

Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в диссертации отсутствуют. Диссертация соответствует п. 14 Положения о присуждении учёных степеней.

Работы Волкова Е.Н. по теме диссертации:

1. Аверкин, А. Н. Объяснительный искусственный интеллект в анализе цифровых изображений на основе нейронных сетей глубокого обучения / А. Н. Аверкин, Е. Н. Волков, С. А. Ярушев // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2024. – № 1. – С. 150-178. – DOI 10.31857/S0002338824010122 (ВАК К-1);

- Переводная версия статьи: Averkin A. N., Volkov E. N., Yarushev S. A. Explainable artificial intelligence in deep learning neural nets-based digital images analysis //Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2024. – Vol. 63. – No. 1. – P. 175-203. – DOI: 10.1134/S1064230724700138 (Scopus Q3);
2. Аверкин, А. Н. Гибридный метод анализа изображений на основе технологий искусственного интеллекта и нечетких множеств / А. Н. Аверкин, Е. Н. Волков, С. А. Ярушев // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. – 2025. – № 3. – С. 99-112. – DOI 10.31857/S0002338825030103 (БАК K-1);
Переводная версия статьи: Averkin A. N., Volkov E. N., Yarushev S. A. Hybrid Method of Image Analysis Based on Artificial Intelligence Technologies and Fuzzy Sets //Journal of Computer and Systems Sciences International. – 2025. – Vol. 64. – No. 3. – P. 460-473. – DOI: 10.1134/S1064230725700431 (Scopus Q3);
 3. Волков, Е. Н. Интеграция механизма внимания в свёрточную нейронную сеть для улучшения результатов классификации офтальмологических заболеваний / Е. Н. Волков, А. Н. Аверкин, С. А. Ярушев // Мягкие измерения и вычисления. – 2024. – Т. 80, № 7. – С. 105-114. – DOI 10.36871/2618-9976.2024.07.009. (БАК K-3);
 4. Волков, Е. Н. Оценка возможностей применения метода объяснительного и Grad-CAM в задаче нейросетевой классификации стадий диабетической ретинопатии на снимках фундус-камеры / Е. Н. Волков, А. Н. Аверкин // Мягкие измерения и вычисления. – 2024. – Т. 85, № 12. – С. 72-81. – DOI 10.36871/2618-9976.2024.12.007 (БАК K-3);
 5. Перспективы применения объяснительного искусственного интеллекта в системах поддержки принятия врачебных решений на основе искусственных нейросетей / С. А. Ярушев, А. Н. Аверкин, Е. Н. Волков, А. Н. Лукьянов // Мягкие измерения и вычисления. – 2023. – Т. 70, № 9-1. – С. 56-67. – DOI 10.36871/2618-9976.2023.09.006 (БАК K-3);
 6. Averkin A. N., Volkov E. N., Yarushev S. A. Possibilities of Application of Neuro-Fuzzy Networks for Ophthalmologic Image Classification //Pattern Recognition and Image Analysis. – 2024. – Vol. 34. – No. 3. – P. 610-616. – DOI: 10.1134/S1054661824700421 (Scopus Q3);
 7. Volkov E. N., Averkin A. N. Possibilities of explainable artificial intelligence for glaucoma detection using the lime method as an example //2023 XXVI International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM). – IEEE, 2023. – P. 130-133. – DOI: 10.1109/SCM58628.2023.10159038 (Scopus);
 8. Volkov E. N., Averkin A. N. Explainable artificial intelligence in medical image analysis: State of the art and prospects //2023 XXVI International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM). – IEEE, 2023. – P. 134-137. – DOI: 10.1109/SCM58628.2023.10159033 (Scopus);

9. Volkov E. N., Averkin A. N. Explainable artificial intelligence in clinical decision support systems //2023 IV international conference on neural networks and neurotechnologies (NeuroNT). – IEEE, 2023. – P. 3-6. – DOI: 10.1109/NeuroNT58640.2023.10175852 (Scopus);
10. Volkov E. N., Averkin A. N. Gradient-based explainable artificial intelligence methods for eye disease classification //2023 IV International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies (NeuroNT). – IEEE, 2023. – P. 6-9. – DOI: 10.1109/NeuroNT58640.2023.10175855 (Scopus);
11. Volkov E., Averkin A. Fundus image quality assessment: a brief review of techniques //2024 International Conference on Information Processes and Systems Development and Quality Assurance (IPS). – IEEE, 2024. – P. 50-54. – DOI: 10.1109/IPS62349.2024.10499480 (Scopus);
12. Volkov E. N., Averkin A. N. Hybrid Explainable Framework for Diabetic Retinopathy Classification from Fundus Images //2024 XXVII International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM). – IEEE, 2024. – P. 428-431. – DOI: 10.1109/SCM62608.2024.10554254 (Scopus);
13. Volkov E. N., Averkin A. N. Local Explanations for Large Language Models: a Brief Review of Methods //2024 XXVII International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM). – IEEE, 2024. – P. 189-192. – DOI: 10.1109/SCM62608.2024.10554222 (Scopus);
14. Volkov E. N. Application of Spatial Attention Module in Convolutional Neural Network for OCT Images Analysis //2024 V International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies (NeuroNT). – IEEE, 2024. – P. 1-4. – DOI: 10.1109/NeuroNT62606.2024.10585353 (Scopus);
15. Volkov E., Linich A., Averkin A. Active Contour Method Modification for Diabetic Macular Edema Area Quantification in OCT Images //2025 27th International Conference on Digital Signal Processing and its Applications (DSPA). – IEEE, 2025. – P. 1-4. – DOI: 10.1109/DSPA64310.2025.10977883 (Scopus);
16. Volkov E., Sechin V., Averkin A. Visual-Language Model Fine-Tuning via LoRA for Structured Medical Reports Generating for Lung X-Ray Skans //2025 XXVIII International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM). – IEEE, 2025. – P. 438-442. – DOI: 10.1109/SCM66446.2025.11060140 (Scopus);
17. Averkin A., Volkov E. Explainable AI 2.0: Conceptual Shifts and New Requirements //2025 XXVIII International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM). – IEEE, 2025. – P. 171-173. – DOI: 10.1109/SCM66446.2025.11060242 (Scopus);
18. Volkov E., Averkin A. Modification of U-Net Architecture Based on Gabor Filters with Trainable Parameters to Improve Biomarker Segmentation on Oct Images //2025 VI International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies (NeuroNT). – IEEE, 2025. – P. 66-68. – DOI: 10.1109/NeuroNT66873.2025.11049967 (Scopus).

На автореферат диссертации поступили отзывы:

1. Арзамасова Кирилла Михайловича, доктора медицинских наук, руководителя отдела медицинской информатики, радиомики и радиогеномики ГБУЗ «НПКЦ ДиТ ДЗМ» г. Москва;
2. Кобринского Бориса Аркадьевича, доктора медицинских наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, заведующего отделом № 75 ФИЦ ИУ РАН;
3. Кравец Аллы Григорьевны, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры систем автоматизированного проектирования и поискового конструирования ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»;
4. Петрова Льва Фёдоровича, доктора технических наук, кандидата физико-математических наук, профессора, профессора кафедры математических методов в экономике ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»;
5. Пучкова Андрея Юрьевича, кандидата технических наук, доцента, доцента кафедры информационных технологий в экономике и управлении филиала ФГБОУ ВО НИУ «МЭИ» в г. Смоленске;
6. Решетникова Андрея Геннадьевича, Ph.D., старшего научного сотрудника лаборатории информационных технологий им. М.Г. Мещерякова Объединенного института ядерных исследований;
7. Рыжова Александра Павловича, доктора технических наук, профессора, профессора кафедры интеллектуальных информационных технологий факультета ВМК МГУ им. М.В. Ломоносова.

Все **отзывы положительные**, замечания носят уточняющий и рекомендательный характер, не являются принципиальными и не влияют на главные теоретические и практические результаты диссертационной работы.

В деле имеются акт о внедрении результатов диссертационного исследования (ООО «МАКАО ИТ») и акт об использовании результатов диссертационного исследования (ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г.В. Плеханова»).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их достижениями в области глубокого обучения и компьютерного зрения, что подтверждается их публикациями в авторитетных рецензируемых изданиях.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана методика формирования специализированных коллекций данных для автоматического анализа ретинальных изображений, основанная на нейросетевой оценке качества изображений, применении метода объяснительного искусственного интеллекта (ОИИ), интеграции моделей на основе визуальных промптов и перекрёстных экспертных аннотациях; впервые **получена** специализированная коллекция данных для задачи сегментации экземпляров

биомаркеров диабетического макулярного отёка на оптических когерентных томограммах, содержащая все основные классы биомаркеров;

разработан метод автоматического анализа ретинальных изображений, сочетающий сегментацию экземпляров, формализованные логические правила из экспертных знаний и методы ОИИ, повышающий точность диагностики заболеваний сетчатки глаза; **показано**, что метод способен эффективно работать на двух модальностях ретинальных изображений и определять количественные характеристики сегментируемых объектов;

разработан метод поиска и сегментации анатомических зон сетчатки глаза на ретинальных изображениях, основанный на анализе бинаризированных гистограмм цветового канала, отличающийся нечувствительностью к артефактам и отсутствием необходимости обучения.

Теоретическая значимость данной работы заключается в разработке комплексных методов автоматического анализа изображений на основе нейронных сетей глубокого обучения, позволяющих выполнять сегментацию изображений, получать визуальное объяснение результатов работы искусственных нейронных сетей, обнаруживать объекты интереса, получать количественные оценки объектов интереса, получать оценки на основе формализованных экспертных знаний. Предложенная методика формирования проблемно-ориентированных коллекций данных, отличающаяся нейросетевой оценкой качества изображений с применением метода ОИИ, интеграцией базовой модели на основе визуальных промптов, а также применением перекрёстных экспертных аннотаций позволяет существенно сократить временные затраты и увеличить качество результатов при создании коллекций данных. Разработанный метод анализа медицинских изображений на основе сегментации экземпляров и применения формализованных в виде логических правил экспертных знаний, а также методов ОИИ позволяет полностью автоматизировать процесс анализа изображений и осуществить дальнейшие оценки прогноза пациента исходя из извлечённых данных и заданных критериев. Разработанный метод поиска и сегментации анатомических зон глазного дна на основе анализа бинаризированных гистограмм цветового канала, отличающийся нечувствительностью к артефактам и отсутствием необходимости обучения позволяет упростить вычислительную сложность и аппаратные затраты для исполнения задачи.

Практическая значимость заключается в разработке эффективных методов автоматического анализа ретинальных изображений с применением нейронных сетей глубокого обучения, направленных на решение актуальных задач ранней диагностики офтальмологических заболеваний. Результаты работы были внедрены в реальную практику при создании специализированного программного обеспечения для системы поддержки принятия решений, используемой в бизнес-продукте компании-резидента фонда «Сколково» ООО «МАКАО ИТ», а также использованы для выполнения гранта Российского научного фонда (проект № 22-71-10112,

«Гибридные модели поддержки принятия решений на основе методов дополненного искусственного интеллекта, когнитивного моделирования и нечеткой логики в задачах персонализированной медицины») и совместного исследовательского проекта с ФГБУ «Национальный медико-хирургический Центр им. Н.И. Пирогова» Министерства здравоохранения Российской Федерации в Центре перспективных исследований в искусственном интеллекте ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова» в результате чего были получены новые практически значимые результаты.

Оценка достоверности результатов подтверждается корректным использованием методов, обоснованием постановки задач, а также экспериментальными исследованиями на открытых данных и данных индустриальных партнёров, демонстрирующими эффективность предложенных методов и алгоритмов, корректность работы разработанных программных решений. Достоверность полученных результатов также подтверждена апробацией их на 19 международных и всероссийских научных конференциях, публикациями в рецензируемых журналах.

Личный вклад. Все основные результаты по теме диссертации, включающие разработанные методы, методику, техническое решение, программные реализации разработанных алгоритмов и выполненные экспериментальные исследования, получены автором самостоятельно. Подготовка коллективных публикаций проводилась совместно с соавторами, а вклад диссертанта был определяющим.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие **замечания**:

1. Для ключевых компонентов, реализующих формализацию экспертных знаний – нечёткого классификатора на основе сегментации ОКТ-биомаркеров (стр. 58-61) и логического классификатора стадий диабетической ретинопатии по фундус-изображениям (стр. 115-117) в работе фактически отсутствует валидация результатов. Не приведены значения чувствительности, специфичности ответов системы в сравнении с клиническими заключениями офтальмологов, не анализируется ошибка стадирования. В результате заявка на повышение диагностической информативности за счёт формализованных правил остаётся методологически недостаточно подкреплённой.
2. При сравнении предложенных архитектурных модификаций с базовыми моделями эксперименты выполнены в усечённом виде. Для модели YOLOv8-BiFPN-Coordinate Attention (стр. 52-56) показано улучшение метрик сегментации по сравнению с базовой YOLOv8-seg, однако отсутствуют сравнительные исследования, позволяющие отдельно оценить вклад BiFPN и Coordinate Attention, а также сравнение с современными U-Net подобными и трансформерными архитектурами на тех же данных. Аналогично, для модифицированного U-Net с фильтрами Габора (стр. 104-105) демонстрируется прирост метрик IoU/Dice по сравнению с базовым U-Net, но не проводятся сопоставления с другими распространёнными улучшениями

базовой архитектуры (Attention U-Net, U-Net++ и др.). Эти обстоятельства не позволяют в полной мере оценить, насколько предложенные архитектурные решения конкурентоспособны относительно текущего мирового уровня.

3. Компонент ОИИ в работе носит преимущественно иллюстративный характер и недостаточно поддержан количественными исследованиями. В теоретическом разделе по ОИИ (стр. 26-27) и при использовании метода ОИИ САМ для интерпретации решений EfficientNetB0 на оптических когерентных томограммах (стр. 46-47), а также Grad-CAM для анализа фундус-изображений (стр. 108-110) приводятся отдельные визуальные примеры тепловых карт, но отсутствуют формализованные метрики согласованности карт важности с сегментами биомаркеров и результаты оценки их клинической релевантности экспертами. Не показано, в какой мере использование методов ОИИ позволяет выявлять ошибочные решения модели или уменьшать зависимость от артефактов изображения, что ограничивает обоснованность заявлений о повышении интерпретируемости и доверия пользователя к системе.

Соискатель Волков Е.Н. ответил на заданные вопросы и согласился с замечаниями, указанными в ходе заседания.

На заседании 25 декабря 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Волкову Егору Николаевичу учёную степень кандидата технических наук за создание совокупности методов автоматической обработки медицинских изображений, использующих нейронные сети глубокого обучения и при этом производящих объяснимый вывод по экспертным правилам, которая может быть использована в качестве основы в системах поддержки принятия врачебных решений.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 24 человек, из них 7 докторов наук по специальности 1.2.1 – «Искусственный интеллект и машинное обучение» (технические науки), участвовавших в заседании, из 29 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 24, против – 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель
диссертационного совета 24.1.224.03
д.ф.-м.н.

Учёный секретарь
диссертационного совета 24.1.224.03
к.т.н.

25 декабря 2025 г.



Воронцов К.В.

Рейер И.А.