

«УТВЕРЖДАЮ»

Директор Федерального

государственного учреждения

«Федеральный исследовательский центр

«Информатика и управление»

Российской академии наук»,

М. А. Посыпкин

« 11 » 09 2025 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного учреждения «Федеральный исследовательский центр
«Информатика и управление» Российской академии наук»

Диссертация Волкова Егора Николаевича «Методы автоматического анализа ретинальных изображений на основе нейронных сетей глубокого обучения» выполнена в отделе № 14 Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» Российской академии наук (ФИЦ ИУ РАН).

Волков Егор Николаевич, 1998 года рождения, 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». Кандидатские экзамены сданы в ФГБОУ ВО «Университет «Дубна» (справка об обучении (о периоде обучения) № 732 от 10.06.2025 г.). Справка о сдаче кандидатского экзамена по специальности 1.2.1 «Искусственный интеллект и машинное обучение» выдана ФИЦ ИУ РАН в 2025 г.

В период подготовки диссертации соискатель работал в должности ведущего математика и затем младшего научного сотрудника (по настоящее время) отдела № 14 ФИЦ ИУ РАН.

Научный руководитель – к.ф.-м.н., доц. Аверкин А. Н. – работает в ФИЦ ИУ РАН в должности ведущего научного сотрудника отдела № 14.

По итогам обсуждения принято следующее заключение.

Актуальность темы диссертационного исследования Волкова Е. Н. определяется необходимостью повышения точности и оперативности диагностики заболеваний сетчатки глаза, таких как диабетическая ретинопатия и диабетический макулярный отёк. На текущий момент внедрение медицинских изделий на основе искусственного интеллекта (программных решений) в офтальмологии является крайне ограниченным. Это обусловлено как отсутствием достоверных и интерпретируемых комплексных методов анализа ретинальных изображений, так и отсутствием специализированных коллекций данных, необходимых для обучения и тестирования интеллектуальных систем для отдельных заболеваний.

Развитие методов глубокого обучения, в частности нейронных сетей и объяснительного искусственного интеллекта, открывает новые возможности в создании автоматизированных систем поддержки принятия врачебных решений, способных обеспечивать не только высокую точность распознавания патологий, но и прозрачность выводов, необходимых для клинической интерпретации.

Таким образом, комплексное исследование, направленное на разработку и верификацию методов анализа ретинальных изображений с использованием современных архитектур нейросетей, методов сегментации экземпляров и объяснительных моделей, представляет собой актуальное и значимое научное направление, находящееся на пересечении искусственного интеллекта, биомедицины и практического здравоохранения.

Личное участие соискателя учёной степени в получении результатов, изложенных в диссертации. Все результаты, представленные в диссертационном исследовании, получены лично соискателем под научным руководством А.Н.Аверкина.

Достоверность 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.

Научная новизна работы заключается в следующем:

Предложена новая методика формирования проблемно-ориентированных коллекций данных, отличающиеся от существующих нейросетевой оценкой качества изображений с применением метода объяснительного искусственного интеллекта, интеграцией базовой модели на основе визуальных промптов, а также применением перекрестных экспертных аннотаций. Впервые получена специализированная коллекция данных для задачи сегментации экземпляров биомаркеров диабетического макулярного отёка на ОКТ-снимках, содержащая все основные классы биомаркеров.

Впервые формализована и решена задача анализа биомаркеров диабетического макулярного отёка на ОКТ-снимках как задача сегментации экземпляров, что позволило применить логические правила для оценки прогноза пациентов.

Предложен новый метод анализа специальных видов изображений на основе сегментации экземпляров и применения формализованных в виде логических правил экспертных знаний, а также методов объяснительного искусственного интеллекта. Преимущества нового метода показаны на основе решения задач анализа ретинальных изображений.

Предложен новый метод поиска и сегментации анатомических зон глазного дна на основе морфологических преобразований и анализа бинаризованных гистограмм цветового канала, отличающийся нечувствительностью к артефактам и отсутствием необходимости обучения.

Практическая значимость диссертационного исследования Волкова Е. Н. 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 внедрены в реальную практику при создании специализированного программного обеспечения для системы поддержки принятия врачебных решений, используемой в бизнес-продукте компании-резидента фонда «Сколково» ООО «МАКАО ИТ».

Разработанные методы и программные компоненты обладают высокой степенью переносимости и могут быть адаптированы для использования в других направлениях медицинской визуализации. Помимо клинического применения, полученные результаты могут использоваться в образовательных программах, научных исследованиях и при формировании высококачественных специализированных коллекций медицинских данных.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались на 19 международных и всероссийских конференциях: XXVI, XXVII и XXVIII International

Conference on Soft Computing and Measurement "SCM", (Санкт-Петербург, 2023, 2024, 2025); IV, V и VI International Conference on Neural Networks and Neurotechnologies "Neuro NT", (Санкт-Петербург, 2023, 2024, 2025); XXI Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием "КИИ", (Смоленск, 2023); XVI Международная конференция "Безопасность АЭС и подготовка кадров", (Обнинск, 2023); XXXI и XXXII Международная конференция "Математика. Компьютер. Образование.", (Дубна, 2024; Пущино, 2025); International Conference on Information Processes and System Development and Quality Assurance "IPSQDA", (Санкт-Петербург, 2024); XIII Конгресс молодых учёных ИТМО, (Санкт-Петербург, 2024); International and Telecommunication Technologies and Mathematical Modeling of High-Tech Systems "ИТТММ", (Москва, 2024); XXIX Всероссийская научно-практическая конференция студентов, аспирантов и молодых специалистов государственного университета "Дубна", (Дубна, 2024); XII Международная научно-практическая конференция "Интегрированные модели и мягкие вычисления в искусственном интеллекте", (Коломна, 2024); VIII International Conference on Deep Learning in Computational Physics "DLCP 2024", (Москва, 2024); XV Международная конференция "Интеллектуализация обработки информации", (Гродно, 2024); XXVII Российская научная конференция "Инжиниринг предприятий и управление знаниями", (Москва, 2024); XXVII International Conference «Digital Signal Processing and Its Applications – DSPA-2025», (Москва, 2025).

Полнота изложения материалов диссертации в публикациях. Основные результаты диссертационного исследования опубликованы в 18 работах в рецензируемых изданиях из перечня ВАК и приравненных к ним международных наукометрических баз:

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 (BAK K-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 (BAK 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. (BAK 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 (BAK 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 (BAK K-3);
6. Averkina 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.**, Averkina 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.**, Averkina 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.**, Averkina 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.**, Averkina 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.**, Averkina 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.**, Averkina 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.**, Averkina 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., Averkina 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., Averkina A. Visual-Language Model Fine-Tuning via LoRA for Structured Medical Reports Generating for Lung X-Ray Scans //2025 XXVIII International Conference on Soft Computing and Measurements (SCM). – IEEE, 2025. – P. 438-442. – DOI: 10.1109/SCM66446.2025.11060140 (Scopus);
 17. Averkina 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).

Публикации полностью соответствуют теме диссертационного исследования и раскрывают её основные положения.

Ценность научных работ соискателя учёной степени. Научные работы Волкова Е. Н. представляют собой значимый вклад в развитие методов искусственного интеллекта для анализа медицинских изображений, в частности, офтальмологических. Разработанные автором подходы к сегментации и классификации ретинальных изображений на основе глубоких нейронных сетей обладают высокой степенью новизны и практической применимости, что подтверждается их апробацией на международных и всероссийских научных конференциях, публикацией в ведущих отечественных и зарубежных рецензируемых изданиях, а также внедрением результатов в промышленную практику.

Диссертация Волкова Егора Николаевича «Методы автоматического анализа ретинальных изображений на основе нейронных сетей глубокого обучения» является законченной научно-квалификационной работой, которая соответствует требованиям пунктов 9, 10 и 14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а также паспорту научной специальности 1.2.1 «Искусственный интеллект и машинное обучение», в частности следующим пунктам:

- пункту 4 – «Разработка методов, алгоритмов и создание систем искусственного интеллекта и машинного обучения для обработки и анализа текстов на естественном языке, для изображений, речи, биомедицины и других специальных видов данных»;
- пункту 13 – «Методы и средства формирования массивов данных и прецедентов, включая «большие данные» необходимых для решения задач искусственного интеллекта и машинного обучения. Проблемно-ориентированные коллекции данных для важных прикладных областей».

Диссертация Волкова Егора Николаевича «Методы автоматического анализа ретинальных изображений на основе нейронных сетей глубокого обучения» рекомендуется к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 1.2.1 «Искусственный интеллект и машинное обучение».

Заключение принято на заседании семинара отдела № 14 ФИЦ ИУ РАН 2 сентября 2025 г., протокол №2. Присутствовало на заседании 10 человек. Результаты голосования «за» - 10, «против» - нет, «воздержалось» - нет.

Председатель семинара:

к.ф.-м.н.

в.н.с. отдела № 14 ФИЦ ИУ РАН

Секретарь:

инж-иссл. отдела № 14 ФИЦ ИУ РАН



И.Ю. Торшин



А.Н. Громов