

## ОТЗЫВ

официального оппонента ФИЛИСТА СЕРГЕЯ АЛЕКСЕЕВИЧА на диссертационную работу Демина Никиты Сергеевича на тему «Интеллектуальная система анализа биомедицинских данных для поддержки врачебных решений при лазерокоагуляции сетчатки глаза», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. «Приборы, системы и изделия медицинского назначения».

### 1. Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа посвящена разработке и исследованию методов анализа биомедицинских изображений, и созданию на их основе системы поддержки принятия врачебных решений при операции лазерной коагуляции сетчатки глаза. Актуальность темы определяется как распространенностью заболевания диабетической ретинопатии, которая на поздних стадиях приводит к слепоте, так и отсутствием готовых систем по персонализированному построению плана коагуляции, позволяющего максимизировать терапевтический эффект при минимальном травмирующем воздействии лазера. На сегодняшний день применяемые на мировом рынке системы лечения диабетической ретинопатии не обеспечивают достаточной эффективности лазерной коагуляции. Лечение по паттерной методике лазерной коагуляции при помощи оборудования VALON подразумевает использование ручного режима, что приводит к субъективности анализа патологических и анатомических особенностей глазного дна и недостаточной эффективности лечения. Более современная установка NAVILAS обеспечивает автоматическое наведение лазером по плану коагуляции. Однако, для её работы сам план коагуляции формируется врачом вручную путём выделения зоны лазерного воздействия и гексагонального способа расположения коагулятов в данной зоне. Такой подход не позволяет учесть все патологические и анатомические особенности глазного дна. Таким образом, в существующих системах лечения диабетической ретинопатии отсутствует способ автоматического формирования эффективного плана коагуляции. Применение искусственного интеллекта позволяет точно сегментировать сетчатку конкретного пациента, обеспечивая равномерное планирование коагулятов исключительно в области пораженного участка глаза. В связи с этим, актуален способ выделения зоны лазерного воздействия на изображениях глазного дна на основе совместной обработки данных оптической когерентной томографии и изображений глазного дна с применением методов

искусственного интеллекта. Тема диссертационной работы Н.С. Демина, посвящённая разработке и исследованию интеллектуальной системы медицинского назначения, обеспечивающей поддержку принятия врачебных решений, и, повышающей эффективность лазерной коагуляции при лечении диабетической ретинопатии, является несомненно актуальной.

## **2. Краткое содержание работы**

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, включающего 104 наименования, и 7 приложений. Работа изложена на 116 страницах машинописного текста, содержит 37 рисунков и 11 таблиц.

**Во введении** соискателем обоснована актуальность темы исследования, определена цель и поставлены задачи, решение которых позволяет достичь обозначенной цели, обоснована достоверность полученных результатов и практическая значимость, а также сформирована научная новизна проведенных исследований.

**В первой главе** диссертантом был проведен анализ современных способов лечения диабетического макулярного отёка и интеллектуальных методов обработки и анализа биомедицинских данных. Была представлена разработанная соискателем интеллектуальная система поддержки принятия решений врача при операции лазерной коагуляции сетчатки. В качестве входных данных система принимает снимки глазного дна и данные оптической когерентной томографии. Результатом работы системы является сформированная зона лазерного воздействия и рекомендации по выбору стратегии лечения.

**Во второй главе** описывается решение задачи сегментации изображений глазного дна. Отличительной особенностью решаемой задачи является сегментация на 8 классов (оптический диск, макула, кровяные сосуды, твердые экссудаты, мягкие экссудаты, новые коагуляты, пигментированные коагуляты, геморрагия), в то время как обычно в работах на данную тематику сегментация ограничивается максимумом на 4 класса. Данная особенность обосновывается автором тем, что согласно исследованиям офтальмологов для решения задачи выделения зоны лазерного воздействия 4 классов (сосуды, экссудаты, зона диска зрительного нерва, зона макулы) недостаточно.

Диссертантом рассмотрено два подхода к решению задачи, а именно сегментация на основе текстурных признаков с использованием математического аппарата дискриминантного анализа и сегментация с помощью применения нейронных сетей.

В ходе проведенных исследований автором было выявлено, что применение текстурных признаков ограничено ввиду их продолжительного

вычисления. При этом по большинству классов нейронные сети превосходят текстурные признаки по метрике f1.

Соискателем была рассмотрена классическая нейронная сеть Unet и её модификации. Наилучшей по показателю f1 оказалась модификация XceptionUnet.

**В третьей главе** решается задача сегментации данных оптической когерентной томографии. Решение данной задачи позволяет выявлять патологические изменения в сетчатке глаза, информация о которых недоступна на снимках глазного дна.

Соискателем предложены два метода выделения слоя сетчатки глаза на снимках оптической когерентной томографии: на основе метода разреза графа, с помощью нейронной сети.

Проведенные исследования показали, что сегментация с помощью модифицированной нейронной сети ReLayNet показывает более высокую точность по метрике Дайса.

**В четвертой главе** предложен метод выделения области лазерного воздействия на основе совместной обработки данных ОКТ и снимка глазного дна. Основными этапами метода являются: сегментирование изображения глазного дна на 8 классов; выделение зоны отёка; исключения из зоны отёка запретных для лазерного воздействия зон: зоны диска зрительного нерва, зоны центральной ямки, зоны кровеносных сосудов, зоны экссудаты и зоны лазеркоагулятов.

Автором было выявлено, что использование метода SIFT позволяет добиться хорошего совмещения в случаях наличия в данных оптической когерентной томографии снимка с фундус камеры, в ином случае целесообразно использовать нейронную сеть для выделения зоны отёка на изображении глазного дна.

**В пятой главе** предложен и исследован алгоритм дифференциальной диагностики отёка сетчатки. Стратегия лечения для диабетического макулярного отёка и возрастной макулярной дегенерации отличается. Диссертантом в работе было показано, что в ходе развитие возрастной макулярной дегенерации происходят изменения в пигментном слое сетчатки, что влечет образование друз, а при диабетическом макулярном отёке друзы отсутствуют. Поэтому для разделения происхождения отёка достаточно выявить друзы.

Для решения задачи разделения типа заболевания автором был разработан алгоритм, основанный на построении аппроксимации верхнего контура слоя пигментного эпителия сетчатки и проведении статистической оценки различия кривых у пациентов с возрастной макулярной дегенерацией и

диабетическим макулярным отёком. Разработанный алгоритм показал точность выбора стратегии лечения 0,85 по метрике f1.

**В заключении** представлены основные научные и практические результаты исследований, полученные в ходе выполнения диссертационной работы.

**В приложении** представлены Свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ и акты внедрения результатов диссертации.

### **3. Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов рекомендаций и заключений**

Все представленные автором методы и алгоритмы решения поставленных задач обоснованы исходя из недостатков в существующих подходах. Исследования, представленные в работе, ориентированы на формирование персонализированного плана коагуляции, позволяющего минимизировать травмирующие действие лазера на сетчатку глаза.

Достоверность подтверждается корректным использованием методов исследования, результатами, полученными в ходе экспериментальных исследований на тестовых и натуральных биомедицинских данных, а также соответствием полученных результатов с данными других исследований.

Основные результаты и положения диссертации были представлены на 10 конференциях и опубликованы автором лично и в соавторстве в 26 научных работах в рецензируемых изданиях, включенных в международную наукометрическую базу Scopus и рекомендованных ВАК РФ. Зарегистрировано 4 ПО (№ 2023617340, № 2023618183, № 2023617341, № 2025662351).

Проведенный анализ диссертации позволяет сделать вывод о достаточно полной обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.

Таким образом, можно сделать вывод, что теоретические положения, вынесенные на защиту, полученные выводы и заключения достоверны.

### **4. Значимость для науки и практики результатов диссертационной работы**

Теоретическая значимость работы определяется разработкой и апробацией новых методов и алгоритмов выделения зоны лазерного воздействия на основе сегментации изображения глазного дна и выделения области отёка сетчатки. Полученные в работе результаты позволили построить систему поддержки принятия врачебных решений при операции лазерокоагуляции сетчатки глаза.

**Практическая значимость работы** заключается в применении полученных результатов в интеллектуальной системе при формировании персонализированного плана операции лазерной коагуляции, что позволяет достичь лучшего терапевтического эффекта с минимальным травмирующим фактором лазерного воздействия на сетчатку глаза. Практическая значимость подтверждается актом внедрения результатов диссертации в научных исследованиях и медицинской практике Самарской областной клинической офтальмологической больницы имени Т.И. Ерошевского.

Результаты работы внедрены в учебный процесс и использованы при выполнении в соответствии с планами государственных и отраслевых научных программ, и фундаментальных исследований, проводимыми в рамках гранта РФФИ [№ 19-29-01135] 2019-2022 г в ИСОИ РАН, при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № FSSS-2024-0014) в рамках государственного задания Самарского университета.

#### **5. Основные научные результаты, степень их новизны и значимость**

Новизна научных положений, выводов и рекомендаций диссертации подтверждается новыми научными результатами, представленными в диссертации Демина Н.С.

1. Разработан способ выделения зоны лазерного воздействия на изображениях глазного дна на основе совместной обработки данных оптической когерентной томографии и изображений глазного дна с применением методов искусственного интеллекта.

2. Предложен и исследован способ интерпретации областей на изображениях, учитывающий патологические и анатомические особенности, в основе которого лежит семантическая сегментация на 8 классов.

3. Разработан алгоритм дифференциальной диагностики отёка сетчатки, позволяющий разделять диабетический отёк и отёк, вызванный возрастной макулярной дегенерацией (ВМД), который позволяет определить стратегию дальнейшего лечения.

4. Создана новая интеллектуальная система поддержки принятия врачебных решений при операции лазерокоагуляции на основе анализа совместных данных оптической когерентной томографии и изображений глазного дна, обеспечивающая формирование персонализированного плана коагуляции.

## **6. Замечания, мнение официального оппонента по диссертации в целом**

1. Автор пишет, что в открытом доступе отсутствует набор данных с 8 рассматриваемыми классами, однако не приводит примеров открытых датасетов и их характеристик.

2. В работе указано, что был произведен набор из 52 текстурных признаков, но не дано описания какие именно признаки.

3. Для компенсации малого размера и дисбаланса данных в исходном наборе применялись методики аугментации. Какие именно преобразования применялись указано, но не указаны параметры данных преобразований.

4. В работе для совмещения рассматриваются методы SIFT, SURF, KAZE, однако не рассматриваются нейросетевые методы совмещения изображений.

5. На странице 73 указана формула преобразований, по которой происходил расчет матрицы гомографии с помощью перебора по сетке. Рассмотрены были такие параметры преобразований, как: угол поворота, осевое смещение, осевое масштабирование, однако не указано в каком диапазоне и с каким шагом изменялись эти параметры.

Отмеченные замечания носят частный и рекомендательный характер и не снижают высокой положительной оценки и общей ценности диссертационной работы.

## **7. Общая характеристика работы**

Диссертация Демина Н.С. представляет собой хорошо структурированную, законченную научно-квалификационную работу, целью которой является решение важной научно-технической задачи – разработке и исследованию методов и алгоритмов обработки и анализа биомедицинских данных и созданию на их основе интеллектуальной системы поддержки принятия врачебных решений при операции лазерокоагуляции.

Полученные в работе теоретические и практические результаты будут способствовать созданию научно обоснованных программно-технических решений, имеющих существенное значение для повышения эффективности систем поддержки принятия решений, решающих задачи повышения качества операций лазерокоагуляции.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Демин Никита Сергеевич показал себя высоко эрудированным специалистом, способным разрабатывать приборы, системы и изделия медицинского назначения.

## 8. Заключение

Диссертационная работа Демина Никиты Сергеевича «Интеллектуальная система анализа биомедицинских данных для поддержки врачебных решений при лазерокоагуляции сетчатки глаза» является законченной научно-квалификационной работой, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты и положения, свидетельствующие о личном вкладе автора в науку, и соответствует всем требованиям ВАК Российской Федерации, предъявляемым к кандидатским диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12 – «Приборы, системы и изделия медицинского назначения (технические науки)» и пп. 9-11, 13, 14 Положения о присуждения ученых степеней от 24 сентября 2013 г., а Демина Никита Сергеевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Профессор кафедры «Биомедицинская инженерия» ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет (ЮЗГУ)», доктор технических наук, профессор

С.А. Филист

Филист Сергей Алексеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры биомедицинской инженерии Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет (ЮЗГУ)»

Адрес: 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Телефон: +7(903)875-54-69

E-mail: sfilist@gmail.com

Шифр и наименование научной специальности в соответствии с номенклатурой, по которой была защищена диссертация лица, представившего отзыв:

05.13.06 – Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (по отраслям),

05.13.10 – Управление в социальных и экономических системах

Адрес организации ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет (ЮЗГУ)»: 305040, Российская Федерация, Курская область, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, тел.: +7 (4712) 50-48-00



*С.А. Филист*  
кадрам  
*С.А. Филист*  
03.12.2025г.