

## ОТЗЫВ

Официального оппонента, доктора технических наук

Афонины Андрея Николаевича

на диссертацию Хамзы Мохаммеда Мохей Хамза

«Метод персонализированной визуализации вен на основе индексных изображений», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.2.12. – Приборы, системы и изделия медицинского назначения

**Актуальность темы диссертации** определяется высокой потребностью в эффективных, безопасных и недорогих методах визуализации подкожных вен, особенно в контексте медицинских процедур, таких как венепункция, введение катетеров и мониторинг состояния пациентов. Гиперспектральная визуализация в ближнем инфракрасном диапазоне, в частности, открывает новые горизонты и для совершенствования медицинской диагностики, позволяя получать высококачественные изображения сосудов на основе спектрального анализа, минимизируя дискомфорт для пациентов и риски, связанные с инвазивными методами. Это может значительно улучшить точность определения местонахождения подкожных вен, что особенно важно в сложных клинических ситуациях или у пациентов с труднодоступными венами, такими как дети или пожилые люди, а также у людей с темным цветом кожи. Ввиду отмеченного выше выбранная тема диссертации М.М.Х. Хамзы представляется актуальной и своевременной, так как направлена на поиск новых неинвазивных методов визуализации подкожных вен на основе индексных изображений.

**Содержание работы.** В диссертационной работе разработаны и подробно изложены методы для повышения среднего контраста изображений подкожных вен человека. Разработана группа оптических методов визуализации подкожных вен на основе использования индексных изображений. Диссертация и автореферат производят хорошее впечатление, грамотно оформлены, содержат результаты оригинальных научных исследований.

Диссертация состоит из введения, трех глав и заключения.

**Во введении** обоснована актуальность выбранной темы, приведён обзор существующих работ, сформулированы цель и задачи исследования, изложены основные результаты работы, их научная новизна, приведены положения, выносимые на защиту, описана структуру диссертации.

**В первой главе** представлен краткий обзор составляющих кожи и кровеносных сосудов, анатомии, физиологии кожи, и оптических свойств подкожной жировой ткани. Также было предоставлено описание основных взаимодействий видимого света с кожей, в том числе поглощение, отражение, преломление, рассеяние. Также были объяснены и подробно описаны основные принципы гиперспектральной визуализации в ближнем

инфракрасном диапазоне с подробным разбором оптического оборудования и инструментов, необходимых для гиперспектральной визуализации подкожных вен. Самый важный аспект первой главы заключается в анализе исследований в период с 2004 по 2022 год, которые были связаны с созданием приборов для визуализации подкожных вен на основе анализа гиперспектральных изображений.

*Во второй главе* представлен метод расчета функции среднего контраста по всей площади изображения. На основе этого метода осуществляется автоматический поиск по массивам рассчитанных двух и трехволновых индексных изображений, который позволяет определить те из них, которые обладают максимальным контрастом. Сформированные индексные изображения на основе использования формулы NDI имеют наиболее высокий контраст при использовании диапазонов длин волн от 528 нм до 548 нм и от 573 нм до 595 нм. Формируется картина подкожных вен с контрастом выше 0,1 для очень светлой, светлой кожи. Очень важно, что в отличие от всех известных методов визуализации подкожных вен, визуализация может быть осуществлена без использования освещения ближнего инфракрасного диапазона. Увеличение количества спектральных диапазонов, используемых при расчете в индексных формулах до трех, позволяет получить один набор диапазонов длин волн, дающий относительно высокий контраст, сопоставимый по абсолютному значению для любых типов кожи. В частности, были найдены три диапазона длин волн):  $\lambda_1 = 705-715$  нм,  $\lambda_2 = 735-745$  нм,  $\lambda_3 = 875-895$  нм, при которых средний контраст картины подкожных вен был выше 0,12 для всех типов кожи, причем возможен подбор длины волны в пределах указанных диапазонов персонально для каждого человека.

*В третьей главе* представлен метод для выделения узких спектральных каналов с использованием дифракционного оптического элемента нового типа – спектральной дифракционной линзы (СДЛ), которая формирует в +1 и -1 порядках изображения для длин волн 735 нм и 835 нм соответственно. Полученные с использованием СДЛ индексные изображения подкожных вен человека имеют средний контраст, сопоставимый со средним контрастом индексных изображений, полученных при использовании гиперспектрометра, а также меньшее время сканирования.

*В заключении* сформулированы основные результаты диссертации.

**Достоверность** полученных результатов подтверждается сравнением полученных в диссертации результатов с другими методами, так же воспроизводимостью как экспериментальных, так и расчетных данных. Результаты исследования соответствуют данным, представленным в работах других авторов, что усиливает их надежность, значимость и актуальность проведенного исследования подтверждают публикации в российских и международных рецензируемых научных журналах

**Научная новизна** диссертации заключается в нескольких ключевых аспектах: разработка методов визуализации использующие двухволновое и

трёхволновое индексное изображение, последнее повышает эффективность визуализации; использование спектральной линзы для формирования индексного изображения на основе формулы нормализованного разностного индекса помогает улучшить качество изображений и сократить время получения результатов; полученные результаты при визуализации вен под темной кожей человека являются важным вкладом в медицину, так как это может значительно облегчить процедуры, связанные с доступом к венам, например, при взятии крови или установке катетеров.

**Положения и результаты, выносимые на защиту,** логически вытекают из проведенного исследования и подтверждают их обоснованность и достоверность, а именно: эффективность новых методов визуализации, воспроизводимость экспериментальных данных, согласованность с независимыми исследованиями, подчеркивают значимость работы и её вклад в развитие области медицинской визуализации.

По теме диссертационной работы автором опубликовано 7 работ, в том числе 3 работы в изданиях, индексируемых в базах данных Scopus и Web of Science, 4 статьи в сборниках материалов научно-технических конференций, для опубликования основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата и доктора наук.

**Теоретическая значимость** заключается в использовании данных из нескольких узких спектральных диапазонов позволяет более точно выявлять венозную сеть, а расчёт индексных изображений на основе новых индексных формул открывает перспективы для дальнейших исследований в области медицинской визуализации.

**Практическая значимость** исследования заключается в возможности улучшить процесс венепункции, что, в свою очередь, приведет к снижению числа ошибок и повышению безопасности для пациентов. Успешное внедрение результатов в компании ООО «Медэкс» и ИСОИ РАН – филиал Федерального государственного учреждения «Федеральный научно-исследовательский центр «Кристаллография и фотоника» Российской академии наук подтверждает актуальность и востребованность исследования в практической медицине и научной сфере. Полученные акты внедрения подчеркивают значимость работы как для науки, так и для практического здравоохранения.

**Автореферат** удовлетворяет предъявляемым требованиям, четко и лаконично излагает основное содержание исследования, цели, методы, полученные результаты и их значимость.

#### **Замечания и вопросы по диссертационной работе и автореферату**

1. В работе не рассмотрена перспектива применения для обработки и анализа изображений вен методов искусственного интеллекта, в частности нейронных сетей.

2. В работе не оценивалась возможность сглаживания локальных максимумов интенсивности для снижения зашумленности изображения.

3. В работе не уделено достаточно внимания влиянию на контрастность изображения вен интенсивности излучения.

4. В предлагаемом соискателем виде методики визуализации вен не удобны для практического использования медицинским персоналом. Работа существенно выиграла бы, если бы в ней была рассмотрена возможность создания на основе данных методик систем расширенной реальности.

5. В работе имеются неточности и опечатки, например в некоторых местах для разделения целой и дробной части числа используются точки вместо запятых, а между значениями величин и их размерностью нет пробелов и т.д.

Отмеченные недостатки действительно не являются принципиальными и не умаляют общей значимости работы, ее научной новизны и практической ценности.

### Заключение

Диссертационная работа Хамзы Мохаммеда Мохей Хамза является завершенной научно-квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне. Работа имеет научную новизну, результаты работы достоверны и имеют практическое применение. Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных журналах и представлены на научных конференциях. Диссертационная работа имеет четкую структуру, написана грамотно и отвечает всем критериям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 года № 842 (в действующей редакции), предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук и полностью соответствует паспорту специальности 2.2.12. Приборы, системы и изделия медицинского назначения и.

На основании этого считаю, что автор диссертационной работы, Хамза Мохаммед Мохей Хамза, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Профессор кафедры информационных и робототехнических систем ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» (НИУ «БелГУ») доктор технических наук

Афонин Андрей Николаевич



Почтовый адрес организации: 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85.

Телефон: (4722) 30-12-11

E-mail: afonin@bsu.edu.ru