

О Т З Ы В

официального оппонента, доктора технических наук, профессора Бутаковой Марии Александровны, на диссертационную работу Копелиовича Михаила Викторовича «Эффективная системная интеграция методических и алгоритмических средств дистанционной фотоплетизмографии», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

1. Актуальность темы исследования

Дистанционный мониторинг частоты сердечных сокращений сегодня становится ключевым элементом в обеспечении устойчивости человеко-машинных систем, поскольку именно этот параметр позволяет оперативно оценивать функциональное состояние оператора и предсказывать возможные отказные ситуации. В контексте системного анализа задача сводится к мониторингу состояния человека-оператора при жёстких ресурсных ограничениях вычислительной подсистемы и минимальном вмешательстве в технологическую среду. Автор обоснованно выбрал базовый способ получения информации о частоте сердечных сокращений, поскольку он не требует контактных датчиков, опирается на массово доступные видеокамеры и формирует непрерывный поток данных, необходимый для своевременного принятия управляющих решений. Автор показывает, что традиционные контактные методы регистрации сердечного ритма непригодны для длинных сеансов наблюдения и создают организационные барьеры, тогда как дистанционная фотоплетизмография при корректной обработке сигнала способна обеспечить относительную погрешность не выше десяти процентов, частоту выдачи оценок не ниже десяти герц и нагрузку на центральный процессор не более трети его пиковой производительности.

Таким образом, проблема эффективной системной интеграции методических и алгоритмических средств дистанционной фотоплетизмографии, рассматриваемая в диссертационной работе Копелиовича М.В., является актуальной и имеет существенное научное и хозяйственное значение.

2. Оценка достоверности полученных результатов и новизны диссертационного исследования

Высокая степень **обоснованности** научных положений, выводов и рекомендаций в диссертационной работе подтверждается глубоким анализом большого числа научных работ отечественных и зарубежных исследователей, корректностью проведения вычислительных экспериментов.

Достоверность научных результатов, положений, выводов и рекомендаций, содержащихся в диссертации, оценивается как высокая. Это обусловлено следующими факторами:

- 1) непротиворечивостью и согласованностью с известными фактами, а также исследованиями в рассматриваемой области;
- 2) апробацией результатов диссертационной работы на международных, всероссийских и региональных научно-технических конференциях;
- 3) применением методов и подходов, широко используемых в области системного анализа, таких как имитационное моделирование, спектральный анализ, оптимизационные и нейросетевые алгоритмы, методы компьютерного зрения для обработки изображений, статистический анализ;
- 4) проведением вычислительного эксперимента, показавшего непротиворечивость и высокую точность полученных результатов;
- 5) практическим внедрением полученных результатов работы.

Научная новизна работы заключается в построении функциональной модели процесса дистанционной фотоплетизмографии, в которой методические и алгоритмические средства оценивания частоты сердечных сокращений

объединены в единую последовательность операций, что обеспечивает повышение точности в задачах бесконтактного мониторинга человека-оператора. В работе предложен модифицированный метод дистанционной фотоплетизмографии с применением методики выбора наиболее информативных областей лица на основе спектральной энтропии Шеннона, позволяющий снизить влияние низкочастотных и высокочастотных помех без существенного увеличения вычислительных затрат. Дополнительный прирост точности в условиях вариативного освещения и движений человека в кадре достигается за счёт применения алгоритма адаптивного преобразования фотоплетизмографического сигнала, использующего аппроксимацию первой конечной разности при помощи однослойной нейронной сети с радиально-базисными функциями.

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в создании новых моделей, методики и алгоритмов дистанционной фотоплетизмографии, обеспечивающих рост эффективности системы оценивания частоты сердечных сокращений по видеоизображению лица. Эти результаты развивают научный аппарат в области системного анализа и обработки сигналов.

Практическая значимость полученных результатов состоит в разработке программных компонентов, реализующих предложенные модели и алгоритмы, по которым получено 9 свидетельств о государственной регистрации программ для ЭВМ. Разработанные программные компоненты могут быть использованы в системах оценивания частоты сердечных сокращений на компьютере с использованием веб-камеры, что подтверждается их успешным внедрением в практическую деятельность коммерческой компании ООО «Виж-тех» (г. Ростов-на-Дону) для повышения точности оценивания частоты сердечных сокращений и сокращения затрат на вычислительные ресурсы. Кроме того, результаты работы использованы при выполнении НИР в Южном федеральном университете.

3. Оценка содержания диссертации, степени её завершенности, подтверждение публикаций автора

Диссертация структурирована логично и последовательно, включает введение, пять глав, заключение, список литературы (241 наименование) и четыре приложения. Основной текст работы изложен на 146 страницах и содержит 24 рисунка и 23 таблицы. Исследование выполнено на высоком уровне, что подтверждается количеством и качеством публикаций автора. По теме диссертации сделано 28 публикаций, в том числе в высокорейтинговых изданиях из перечня ВАК РФ, а также в изданиях, индексируемых базами Scopus и Web of Science. Диссертационная работа прошла широкую апробацию в виде докладов на всероссийских и международных научных конференциях.

Основные достоинства рассматриваемого диссертационного исследования состоят в разработке модифицированного метода, методики и алгоритмов решения актуальной научной проблемы повышения точности системы дистанционной фотоплетизмографии для оценивания частоты сердечных сокращений по видеоизображению лица в условиях практического применения, и в эффективной интеграции разработанных средств в единую систему, способную работать в режиме реального времени на общедоступных компьютерах, не отвлекая человека-оператора от его основной деятельности.

Судя по содержанию работы, автором полностью решены поставленные задачи, а цель исследования достигнута. Диссертация характеризуется научной новизной, теоретической и практической значимостью.

4. Соответствие автореферата основному содержанию работы

Содержание автореферата оппонируемой работы соответствует всем требованиям, предъявляемым ВАК при Минобрнауки РФ, и в полной мере отражает основное содержание диссертации, её ключевые положения и выводы.

5. Замечания по диссертационной работе

1. В главе 1 не проанализирована применимость систем дистанционной фотоплетизмографии при частоте кадров видеокамеры ниже 10 кадров в секунду, что актуально при использовании маломощного аппаратного обеспечения.

2. Отсутствует визуальное представление алгоритма оптимизации параметров сети (а.1)–(а.3) для аппроксимации сигнала (п. 4.2), что усложняет его понимание.

3. В таблицах 5–7 отсутствует среднее квадратическое отклонение погрешности, что снижает информативность результатов.

4. Не рассмотрено снижение вычислительной нагрузки системы за счёт переноса части операций на графические ускорители.

5. Не приведены оценки времени отклика пользовательского интерфейса при одновременной работе прикладных процессов и системы дистанционной фотоплетизмографии.

6. Не определены ограничения на допустимую скорость поворота головы человека в кадре по каждой оси для работы разработанной системы.

6. Заключение

Обозначенные замечания являются дискуссионными и направлены, в первую очередь, на дальнейшее развитие представленного исследования. Оппонируемая диссертация представляет собой завершённый научно-исследовательский труд, посвящённый решению актуальной научной задачи повышения эффективности процессов поиска, приобретения и использования знаний в системах искусственного интеллекта при обработке и анализе текстов на естественном языке. Диссертация является теоретически значимой и практически ценной научно-квалификационной работой. Выполненное исследование характеризуется научной новизной, содержит новые результаты и положения,

выдвигаемые для публичной защиты, и свидетельствует о состоявшемся личном вкладе автора в науку.

Представленные сведения о подготовленных публикациях, апробации работы на всероссийских и международных научных конференциях, свидетельствуют о том, что идеи и результаты, полученные соискателем, в достаточной мере известны в профильном научном сообществе.

Тема диссертации, цель и задачи работы, научная новизна, методы, используемые в работе, подтверждают её соответствие Паспорту научной специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки): п. 3 – Разработка критериев и моделей описания и оценки эффективности решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта; п. 4 – Разработка методов и алгоритмов решения задач системного анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта; п. 5 – Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений, обработки информации и искусственного интеллекта; п. 12 – Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации.

Вышеизложенное позволяет высоко оценить рассматриваемую диссертационную работу, которая полностью удовлетворяет требованиям пп. 9–14 Положения о присуждении учёных степеней, утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842 «О порядке присуждения учёных степеней» (с изменениями и дополнениями) в редакции от 16 октября 2024 г., предъявляемым ВАК РФ к диссертациями на соискание учёной степени кандидата технических наук. Считаю, что автор работы, Копелиович Михаил Викторович, заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата

технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент, доктор технических наук, профессор (научная специальность 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ), главный научный сотрудник Ростовского филиала АО «Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт информатизации, автоматизации и связи на железнодорожном транспорте» (АО НИИАС), 344038, г. Ростов-на-Дону, ул. Ленина, 44/13. Телефон: +7 (863) 218-88-77, e-mail: info@vniias.ru, веб-сайт: https://niias.ru.

03 сентября 2025 г.



М.А. Бутакова



ВЕДУЩИЙ СПЕЦИАЛИСТ

АФОНИНА Е.Н. 