

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора технических наук, профессора Иващенко Антона Владимировича, на диссертационную работу Павликова Артема Евгеньевича на тему: «Разработка методов и алгоритмов оценки паттернов движения человека на основе обработки визуальной информации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.8. «Информатика и информационные процессы» (технические науки).

Актуальность темы диссертационного исследования

Актуальность диссертационной работы обусловлена объективной потребностью здравоохранения в повышении эффективности и доступности медицинской реабилитации пациентов с нарушениями двигательной функции, в том числе на этапах, требующих длительного сопровождения и регулярного контроля качества выполнения упражнений. На практике значительная часть реабилитационных мероприятий переносится в амбулаторный и домашний контур, что усиливает требования к инструментам дистанционного мониторинга и к средствам объективной оценки двигательных паттернов. При этом широко применяемые методы контроля (визуальная экспертная оценка, ручные измерения углов и амплитуд) характеризуются ограниченной воспроизводимостью и высокой зависимостью от субъективного фактора, что затрудняет сопоставление динамики восстановления и корректировку индивидуальных программ.

Одновременно высокоточные инструментальные комплексы, обеспечивающие эталонную кинематическую регистрацию, как правило, обладают высокой стоимостью и организационно-технической сложностью внедрения, что сдерживает их использование вне специализированных лабораторий. В этих условиях научно-практический интерес представляет развитие методов цифровой обработки визуальной

информации, позволяющих на базе доступных видеоустройств выполнять безмаркерную оценку позы и извлекать кинематические характеристики движения в режиме, пригодном для реального времени. Следовательно, заявленная в диссертации тематика - разработка методов и алгоритмов объективной оценки двигательных паттернов человека по видеоданным и интеграция этих решений в прикладной контур поддержки реабилитации, является своевременной, социально значимой и соответствует текущим направлениям развития цифровой медицины и телереабилитации.

Научная новизна результатов диссертационного исследования

Научная новизна работы состоит в разработке и обосновании комплекса взаимосвязанных методов и программно-алгоритмических средств обработки визуальной информации, ориентированных на объективную оценку двигательных паттернов человека в задачах медицинской реабилитации и телереабилитации. К основным новым результатам, полученным автором, относятся:

1. Метод и алгоритмическое обеспечение цифровой обработки видеоданных, обеспечивающие безмаркерную оценку позы человека и извлечение амплитудно-скоростных характеристик движений, пригодные для применения в прикладных сценариях реабилитационного контроля;

2. Метод интеллектуального анализа пространственно-временных паттернов движений, основанный на анализе траекторий ключевых точек и позволяющий выполнять автоматизированную классификацию отклонений кинематико-скоростных профилей движений верхней конечности относительно эталонного выполнения;

3. Алгоритмическое обеспечение локальной и распределённой обработки медицинских визуальных данных, отличающееся ориентацией на вычисления на стороне конечного устройства и/или на передачу

агрегированных результатов, что повышает практическую применимость решения в условиях ограниченных вычислительных и сетевых ресурсов.

4. Архитектура автоматизированной информационной системы поддержки реабилитационного процесса, интегрирующие разработанное алгоритмическое ядро в контур взаимодействия «врач—пациент» и обеспечивающие возможность формирования и корректировки индивидуальных программ на основе объективных показателей качества движений.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Теоретическая значимость диссертационной работы заключается в развитии методов цифровой обработки визуальной информации и интеллектуального анализа пространственно-временных характеристик движений применительно к задачам объективной оценки двигательных паттернов человека. Полученные автором решения формируют методическую основу для построения воспроизводимых процедур извлечения амплитудно-скоростных признаков, а также для автоматизированной интерпретации отклонений кинематико-скоростных профилей движений в реабилитационных сценариях, что расширяет научно-методический аппарат в области компьютерного зрения и анализа данных движения в медицинских приложениях.

Практическая значимость работы определяется созданием и внедрением программно-алгоритмического комплекса, реализованного в составе автоматизированной информационной системы поддержки реабилитационного процесса. Результаты диссертационной работы внедрены в ООО «Басалдук» и ООО «ЦМР» (внедрены разработанные программно-алгоритмические средства и компоненты АИС для мониторинга выполнения реабилитационных упражнений и формирования объективных показателей качества движений), а также в учебный процесс

ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» на кафедре «Математическая кибернетика и информационные технологии» (использование алгоритмического обеспечения и программных модулей в дисциплинах и практической подготовке), факт внедрения подтверждён соответствующими актами.

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Достоверность и обоснованность основных положений, сформулированных в диссертационной работе, обеспечивается последовательной постановкой и решением задач исследования, корректным применением методов цифровой обработки данных и современного инструментария машинного обучения, а также комплексной экспериментальной проверкой разработанных алгоритмов и программных средств. Автором представлены результаты, подтверждённые сопоставлением с референсными измерениями и использованием статистически корректных процедур оценки согласованности и эквивалентности, что позволяет рассматривать полученные выводы как методически состоятельные и воспроизводимые.

Достоверность выводов дополнительно подтверждается практической апробацией и внедрением результатов исследования. Разработанные алгоритмы и программно-архитектурные решения реализованы в составе автоматизированной информационной системы, ориентированной на дистанционный мониторинг и поддержку формирования персонализированных программ реабилитации. В диссертации представлены сведения о внедрении результатов в профильных организациях, а также об использовании отдельных разработок в образовательном процессе, что подтверждается актами

внедрения. Наличие материалов пилотной эксплуатации и эксплуатационных испытаний свидетельствует о прикладной реализуемости предложенных подходов и их пригодности для использования в условиях амбулаторной и домашней реабилитации.

Оценка содержания диссертационной работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырёх глав, заключения, списка литературы и приложений.

Во введении раскрывается актуальность темы диссертационного исследования, формулируются цель и задачи работы, определяются объект и предмет исследования, характеризуются использованные методы, а также представлены научная новизна, теоретическая и практическая значимость полученных результатов.

Первая глава посвящена анализу предметной области медицинской реабилитации и обоснованию необходимости внедрения объективных и масштабируемых методов количественной оценки позы и движения. Рассмотрены традиционные подходы и их ограничения, проанализированы возможности современных безмаркерных решений на основе компьютерного зрения, а также сформулированы требования к проектируемой автоматизированной информационной системе для применения в условиях домашней телереабилитации.

Вторая глава посвящена разработке метода оценки амплитудно-скоростных характеристик состояния плечевого сустава по данным визуального наблюдения. В главе рассматриваются метрики оценки качества моделей определения положения тела человека, проводится сравнение наборов данных и методов определения позы, после чего формализуется предложенный метод с описанием основных этапов обработки и вычисления интегральных биомеханических показателей,

ориентированный на практическое применение в реабилитационных сценариях.

Третья глава содержит разработку метода оценки двигательных паттернов у пациентов с нарушением функции верхней конечности. В главе предложен набор формализованных метрик и поэтапный метод оценки, включающий нормировку и сглаживание траекторий ключевых точек, фазовую сегментацию движений и контроль параметров по обоснованным пороговым значениям; представлено алгоритмическое обеспечение, обеспечивающее функционирование подхода в условиях клинической и домашней реабилитации и формирование обратной связи в режиме выполнения упражнений.

Четвёртая глава посвящена разработке автоматизированной информационной системы для поддержки принятия врачебных решений и проектирования индивидуальных программ реабилитационных мероприятий в домашних условиях. Описана интеграция разработанных методов и алгоритмов в состав АИС, раскрыты архитектурные и программные принципы построения и логика функционирования системы, а также представлены результаты апробации и оценки эффективности разработанного программного комплекса.

В целом содержание диссертации отличается логической стройностью, методической корректностью и практической ориентированностью; изложение соответствует заявленной цели и задачам исследования, а выводы согласованы с представленными результатами.

Публикации, отражающие основное содержание работы

По материалам диссертации опубликовано 12 научных работ, из них 6 научных статей, из которых 3 в научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, в периодических научных журналах

индексируемом Scopus — 3, в том числе 2 работы опубликованы без соавторов, получены 6 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ.

Представленные публикации и результаты государственной регистрации программ для ЭВМ в достаточной степени отражают основное содержание диссертационной работы, подтверждают апробацию ключевых научных положений и обеспечивают возможность независимой верификации полученных результатов научным сообществом.

Замечания по диссертационной работе

1. Для повышения полноты инженерной части целесообразно расширить описание интеграционных сценариев (обмен данными с внешними медицинскими информационными системами и телемедицинскими сервисами), даже на уровне концептуальной схемы интерфейсов и форматов данных;

2. С учётом ориентации на домашний контур реабилитации представляется целесообразным обосновать выбранный формат клиентского приложения и отдельно пояснить, по каким причинам не рассматривается мобильное приложение как основной интерфейс пациента, либо какие условия/ограничения определяют целесообразность веб-формата;

3. В диссертации показана работоспособность решения в целом, однако желательно более явно описать требования к эргономике и удобству использования (минимизация когнитивной нагрузки, читаемость обратной связи, доступность для маломобильных пациентов), а также привести критерии, по которым оценивалось удобство взаимодействия пользователя с системой.

Эти замечания носят рекомендательный характер и не снижают общей положительной оценки диссертационного исследования

Заключение

Диссертационная работа представляет собой завершённое научно-квалификационное исследование, в котором решена актуальная для специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы» задача разработки методов и алгоритмов цифровой обработки визуальной информации для объективной оценки двигательных паттернов человека и повышения эффективности персонализированных программ медицинской реабилитации. Полученные результаты обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью, подтверждены экспериментальной проверкой и апробацией.

Диссертационная работа соответствует критериям, изложенным в пп. 9–11, 13 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», а её автор Павликов Артем Евгеньевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 2.3.8 «Информатика и информационные процессы».

Официальный оппонент,
доктор технических наук, профессор, директор Передовой медицинской инженерной школы «Цифровое здравоохранение, нейротехнологии и биотехнологии», ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России



Иващенко Антон Владимирович

Научная специальность, по которой присуждена степень доктора технических наук: 05.13.10 — «Управление в социальных и экономических системах».

Я, Иващенко Антон Владимирович, согласен на включение моих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 55.2.002.02 на базе ордена Трудового Красного Знамени федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский технический университет связи и информатики» и их дальнейшую обработку и размещение.

Иващенко Антон Владимирович

21.09.2026

Контактная информация:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации

Адрес: 443099, г. Самара, ул. Чапаевская, 89.

e-mail: info@samsmu.ru, тел.: +7 (846) 374-10-01

Подпись Иващенко Антона Владимировича заверяю:

Начальник отдела кадров по персоналу подразделений управления, учебного процесса и науки ФГБОУ ВО СамГМУ Минздрава России



Ю.Д. Абакумова

21.09.2026