

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

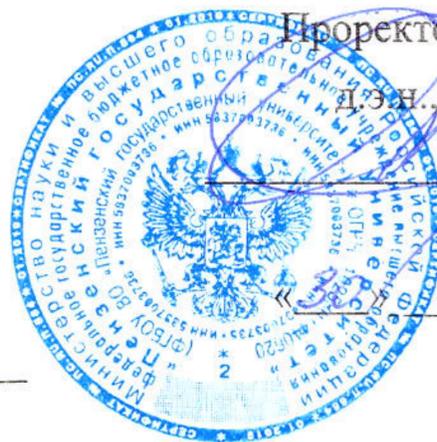
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования «Пензенский  
государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ПГУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по НР и ИД

д.э.н., профессор

С.М. Васин



2026 г.

30 ЯНВ 2026

№ 39-564

На № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_

### ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

на диссертацию 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 диссертационного исследования

Актуальность диссертационного исследования обусловлена устойчивым ростом неврологических заболеваний, что проявляется увеличением показателя DALY (потерянного времени здоровой жизни), для таких нозологий, как инсульт, неонатальная энцефалопатия и болезнь Альцгеймера, и сопровождается расширением контингента пациентов, нуждающихся в длительной адаптивной реабилитации. Для данной категории пациентов критически значимы персонализированный подход и регулярное участие специалистов, однако применяемые на практике методы оценки двигательной функции (включая гониометрию и визуальный анализ) обладают выраженной субъективностью и, как правило, не обеспечивают непрерывного мониторинга

26/26  
02.02.2026  
№ 10000

динамики движений в реальном времени. Одновременно высокоточные оптические измерительные системы, потенциально способные обеспечить объективизацию оценки, остаются ограниченно доступными вследствие высокой стоимости и организационно-технической сложности эксплуатации.

Не маловажным является и проблема ограниченной доступностью реабилитационных услуг, особенно в удалённых регионах Российской Федерации: значительная часть специализированных реабилитационных центров сосредоточена в городах, тогда как население территорий, удалённых от урбанизированных центров, сталкивается с дефицитом профильных специалистов и логистическими ограничениями для маломобильных граждан. В этих условиях внедрение автоматизированных решений с элементами телереабилитации становится важным направлением развития, поскольку позволяет снизить нагрузку на медицинский персонал, повысить мотивацию пациентов и обеспечить объективный мониторинг восстановления. Перспективность такого подхода усиливается развитием технологий компьютерного зрения, в частности методов оценки позы человека, которые обеспечивают извлечение биомеханических параметров движения на основе обычных видеокамер, сочетая достаточную точность с доступностью для домашнего и клинического применения. Тем самым исследование, ориентированное на разработку надёжных методов оценки положения тела и устойчивых комбинаций признаков движения (паттернов) на основе обработки визуальной информации, является своевременным и практически значимым для построения персонализированных реабилитационных протоколов в условиях ограниченных ресурсов.

#### **Научная новизна результатов проведенного исследования**

Научная новизна диссертационной работы заключается в разработке и обосновании совокупности взаимосвязанных алгоритмических, программных и технических решений, направленных на повышение доступности персонализированных реабилитационных технологий после завершения стационарного лечения пациентов. В процессе выполнения исследования получены следующие оригинальные научные результаты:

1. Разработаны метод оценки амплитудно-скоростных характеристик состояния плечевого сустава на основе визуальной информации и алгоритм на основе этого метода, отличающиеся от существующих тем, что реализуют безмаркерную (без фиксации сенсоров на пациенте) оценку позы человека и позволяют извлекать амплитудно-скоростные характеристики движения в режиме реального времени (2.3.8, п. 4);

2. Разработан метод интеллектуального анализа пространственно-временных паттернов движений посредством обработки визуальной информации, отличающийся от существующих реализацией оценки траекторий ключевых точек движения и позволяющий автоматически классифицировать типы отклонений кинематико-скоростных профилей движения верхней конечности (2.3.8, п. 4);

3. Разработано алгоритмическое обеспечение локальной и распределённой обработки медицинских визуальных данных, отличающееся применением модифицированной компактной нейросетевой модели и позволяющее выполнять весь вычислительный цикл на стороне клиента без серверной обработки (2.3.8, п. 6);

4. Разработана архитектура автоматизированной информационной системы поддержки принятия врачебных решений, отличающаяся микросервисной архитектурой с включением модулей оценки паттернов движения по монокулярному зрению и позволяющая реализовать цикл «наблюдение–оценка–адаптация» с динамической корректировкой реабилитационного протокола упражнений по объективным кинематическим признакам (2.3.8, п. 16).

#### **Теоретическая и практическая значимость результатов**

Теоретическая значимость диссертационного исследования определяется разработкой и формализацией методов цифровой обработки визуальной информации для безмаркерного извлечения амплитудно-скоростных параметров движений и анализа пространственно-временных паттернов, что расширяет методическую базу построения систем объективной оценки двигательной функции в задачах телереабилитации.

Практическая значимость работы заключается в реализации алгоритмического комплекса в составе автоматизированной информационной системы для домашних реабилитационных мероприятий, обеспечивающей количественную оценку движений на конечном устройстве и поддержку дистанционного мониторинга со стороны врача. Заявленные показатели включают обработку видеопотока в режиме реального времени (средняя задержка кадра не более 40 мс) и автоматическую классификацию отклонений двигательных паттернов с точностью не ниже 92%.

Результаты апробированы: показано сокращение времени формирования персонализированной программы реабилитации до 2 минут при сохранении точности классификации не ниже 92%. Имеется внедрение разработанных решений в организациях ООО «Басалдук» и ООО «ЦМР», а также использование алгоритмического обеспечения в учебном процессе МТУСИ, что подтверждается актами внедрения.

По материалам диссертации опубликовано 12 научных работ, среди них 6 научных статей, из которых 3 в научных журналах и изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, 3 – в периодических научных журналах, индексируемых в МБД Scopus, в том числе 2 работы опубликованы без соавторов. Получены 6 свидетельств о регистрации программы для ЭВМ.

### **Достоверность и обоснованность полученных результатов**

Достоверность и обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертационной работе, обеспечивается их внутренней логической взаимосвязью, корректным применением современного математического аппарата цифровой обработки данных и методов машинного обучения, а также комплексной экспериментальной проверкой разработанных методов и алгоритмов. Полученные результаты подтверждены сопоставлением с референсными измерениями, использованием статистически корректных процедур валидации и анализом устойчивости функционирования предложенных алгоритмов при вариативности условий регистрации движений.

Практическая состоятельность разработанных решений подтверждается тестированием в условиях, приближенных к реальной эксплуатации, включая оценку вычислительной эффективности и эксплуатационных характеристик программно-алгоритмического комплекса, а также результатами пилотного применения в дистанционной и амбулаторной реабилитации. Основные результаты исследования отражены в публикациях и докладах на российских и международных научных мероприятиях, а также подкреплены материалами внедрения.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертационного исследования**

Целесообразно использовать результаты диссертационной работы при разработке и внедрении программно-алгоритмических комплексов для объективной оценки двигательной активности пациентов в условиях амбулаторной и домашней медицинской реабилитации, включая формирование персонализированных программ восстановительных мероприятий и их дистанционную корректировку по данным видеонаблюдения. Предложенные методы цифровой обработки визуальной информации и интеллектуального анализа пространственно-временных паттернов движений могут быть применены при создании автоматизированных систем поддержки принятия врачебных решений, ориентированных на улучшение контроля выполнения упражнений и снижение субъективности экспертной оценки.

Также представляется целесообразным продолжить исследования в направлении расширения перечня анализируемых реабилитационных движений и нозологических групп, повышения устойчивости алгоритмов к вариативности условий съёмки и антропометрических характеристик пациентов, а также масштабирования архитектуры информационной системы для интеграции с медицинскими информационными системами и телемедицинскими сервисами. Полученные научно-технические решения могут быть использованы в образовательном процессе по направлениям, связанным с цифровой обработкой визуальных данных, интеллектуальным анализом

информации и проектированием прикладных информационных систем в здравоохранении.

### Замечания по диссертационной работе

1. Недостаточно представлено сопоставление полученных численных результатов с клинически значимыми критериями. Следовало бы указать, как выбранные пороговые значения метрик интерпретируются и позволяют оценивать выполнение упражнений и принятие решений о корректировке индивидуальной программы реабилитации;

2. Для обеспечения практического применения результатов целесообразно более детально зафиксировать условия измерений производительности и «реального времени» (параметры видеопотока, характеристики устройств, конфигурации стендов), а также устойчивость показателей при вариативности освещения, ракурса и частичных перекрытий;

3. В работе недостаточно полно отражены вопросы эксплуатационной надёжности и защиты данных в медицинском контуре системы (разграничение доступа, журналирование, меры защиты при хранении и передаче, процедуры контроля версий и мониторинга качества), поскольку эти аспекты определяют масштабируемость внедрения;

4. Поскольку система ориентирована на практическое применение в реабилитации, целесообразно более явно раскрыть, каким образом вычисленные метрики и классификация отклонений транслируются в понятные пациенту и врачу рекомендации, включая примеры формируемой обратной связи и правила её интерпретации.

5. В материалах диссертации присутствуют разночтения в формулировках. Так, один и тот же результат исследования в новизне довольно широко назван методом цифровой обработки визуальной информации, на странице 9 автореферата - методом извлечения биомеханических параметров из видеопотока, а в более конкретной формулировке на той же странице имеет название метода определения оценки амплитудно-скоростных характеристик состояния плечевого сустава на основе визуальной информации. Применение

различных формулировок одного и того же понятия ухудшает восприятие материала.

6. Имеются расхождения в изложении метода оценки амплитудно-скоростных характеристик плечевого сустава в автореферате (стр. 11 – 12) и диссертации (стр. 51 – 53). Различаются наименования и описания шагов метода. В автореферате в формализованном описании шага 4 присутствуют нерасшифрованные обозначения.

7. Схемы алгоритмов в диссертации и автореферате выполнены с отступлениями от действующего ГОСТ 19.701-90. В схеме на рисунке 1 автореферата символ решения с надписью «Отличается ли текущий кадр от последнего зафиксированного?» имеет всего один выход, что не характерно для решения.

### **Заключение**

Диссертационная работа представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, в которой решена актуальная для специальности 2.3.8 Информатика и информационные процессы задача разработки методов и алгоритмов цифровой обработки визуальной информации для объективной оценки паттернов движения, что позволяет обеспечить повышение эффективности персонализированных программ медицинской реабилитации. Полученные результаты обладают научной новизной, теоретической и практической значимостью. Основные положения, выводы и рекомендации обоснованы и подтверждены экспериментальной проверкой, апробацией и материалами внедрения. Отмеченные замечания носят частный характер и не снижают общей положительной оценки выполненного исследования.

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.

Отзыв на диссертацию и автореферат рассмотрен и принят на расширенном заседании кафедры «Информационно-вычислительные системы» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет». Присутствовало 16 человек, из них 5 докторов наук. Протокол № 6 от 30.01.2026.

Заведующий кафедрой  
«Информационно-вычислительные системы»  
ФГБОУ ВО «ПГУ»  
доктор технических наук, доцент

Андрей Викторович Кузьмин

  
30.01.2026

Специальность: 05.11.17 Приборы, системы и изделия медицинского назначения.

Я, Кузьмин Андрей Викторович, 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.

Андрей Викторович Кузьмин

  
30.01.2026

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» (Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования)

Адрес: 440026, Российская Федерация, г. Пенза, ул. Красная, д. 40.

Сайт: <https://pnzgu.ru/>; Телефон: (8412) 66-60-01, E-mail [rector@pnzgu.ru](mailto:rector@pnzgu.ru)



Подпись \_\_\_\_\_ заверяю

секретарь Ученого Совета

О.С. Дорофеева

30.01.2026

