

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора физико-математических наук, доцента, профессора кафедры математической теории упругости и биомеханики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» Иванова Дмитрия Валерьевича на диссертационную работу Шитоева Ивана Дмитриевича на тему: «Интеллектуальная система анализа пространственных изображений объекта со статодинамическими особенностями», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

Актуальность темы

Тема диссертационного исследования Шитоева Ивана Дмитриевича является чрезвычайно актуальной. Современный уровень развития цифровых технологий позволяет эффективно решать задачи оценки рельефа трехмерных объектов, однако изучение поверхностных характеристик живых объектов с учетом их статодинамических особенностей представляет собой сложную и недостаточно разработанную проблему. В частности, анализ поверхностных изменений, вызванных физиологическими движениями, такими как дыхание, сердцебиение и изменения позы, требует создания новых методик и алгоритмов, способных обеспечить высокую точность и надежность измерений. Это особенно важно в медицинской диагностике, где традиционные методы, например рентгенография, связаны с определенными рисками и ограничениями из-за воздействия ионизирующего излучения на организм человека. Таким образом, разработка интеллектуальных систем, способных анализировать пространственные изображения с учетом динамических особенностей живых объектов, имеет большое практическое значение и перспективы внедрения в клиническую практику.

Оценка содержания работы

Структура диссертационной работы Шитоева И. Д. построена логично и последовательно, что способствует глубокому раскрытию темы исследования. В первой главе автор подробно анализирует современное состояние проблемы обработки и анализа пространственных изображений объектов с учетом их статодинамических особенностей. В рамках обзора рассматриваются ключевые этапы развития цифровых технологий трехмерного моделирования, методы фотограмметрии, а также современные подходы к нейросетевому анализу многомерных графических данных. Особое внимание уделено существующим ограничениям математических и алгоритмических методов распознавания трехмерных объектов, а также проблемам визуализации и обработки данных в медицинской сфере.

Во второй главе Шитоев И.Д. представляет концептуальную модель интеллектуальной системы, включающую клиентскую часть, представленную компьютером администратора и мобильным устройством пользователя, а также серверную часть с головным сервером и сервером обработки данных. Автор подробно описывает функциональные модули системы: модуль получения трехмерных изображений, модуль их подготовки, модуль выделения уникальных признаков и модуль анализа этих признаков. Такая модульная архитектура обеспечивает гибкость и масштабируемость разрабатываемой системы, что подтверждается примерами ее реализации и функциональными тестами.

Третья глава посвящена детальному описанию алгоритмов и методов, лежащих в основе интеллектуальной системы. Автор раскрывает процесс получения трехмерных изображений с использованием стереофотограмметрии и методы обработки данных, включая алгоритмы локального взвешенного сглаживания и фильтрации зашумленных точек. Особое внимание уделено разработке алгоритмов выявления уникальных признаков на поверхности объекта, в частности, точек спины и лица, с применением математического и нейросетевого анализа. В главе подробно

рассматривается построение и обучение нейронных сетей для распознавания реперных точек, что позволяет повысить точность и надежность диагностики.

В четвертой главе приводятся результаты апробации разработанной интеллектуальной системы. Шитоев И.Д. проводит сравнительный анализ эффективности предложенных методов с существующими технологиями фотограмметрической реконструкции и диагностическими процедурами, такими как рентгенография и компьютерная оптическая топография. Представлены данные об объективной оценке точности работы нейросетевых моделей, подтверждающие высокий уровень достоверности результатов. Практическая значимость работы подкреплена фактами внедрения разработанной системы в медицинские учреждения, что свидетельствует о ее востребованности и эффективности. Кроме того, автор оценивает экономическую целесообразность использования интеллектуальной системы, отмечая ее преимущества в области безопасности, пропускной способности и стоимости по сравнению с традиционными методами диагностики.

В заключении Шитоев И.Д. подводит итоги проведенного исследования, отмечая, что в ходе работы были разработаны новые методы обработки и анализа трехмерных изображений объектов со статодинамическими особенностями. В частности, предложен математический подход к описанию трехмерного объекта в виде функции, а также методы вычисления основных признаков с использованием нейросетевых моделей, адаптированных к специфике предметной области. Автор создал две нейросетевые модели для анализа различных областей трехмерного объекта (головы и туловища), которые прошли тестирование и показали высокую точность распознавания уникальных признаков. На базе этих разработок создана интеллектуальная система для диагностики нарушений осанки и лицевых изменений, результаты испытаний которой демонстрируют ее высокую эффективность. Кроме того, разработаны и внедрены мобильные приложения, обеспечивающие удобство и доступность диагностики в практических условиях.

В приложениях к диссертации представлены материалы, подтверждающие результаты статистического анализа, фотограмметрические данные рельефа спины, описание программного обеспечения для обработки пространственных изображений, а также документы, подтверждающие внедрение интеллектуальной системы в медицинскую практику. Все это свидетельствует о комплексности и глубине проведенного исследования, а также о его значительном вкладе в развитие технологий анализа трехмерных изображений живых объектов.

Научная новизна, достоверность и обоснованность положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна исследования последовательно раскрывается автором в ряде сформулированных тезисов, в которых демонстрируется, что в рамках диссертационного исследования разработаны оригинальные алгоритмы получения и обработки трехмерных изображений живых объектов методом стереофотограмметрии, отличающиеся дополнительной предобработкой изображений, что позволяет получить трехмерную модель объекта с более высоким уровнем детализации, благодаря нивелированию статодинамических особенностей. Этот тезис обосновывается тем, что в своей работе автор использовал метод фильтрации изображений и последующий анализ с использованием карты глубин. Научная новизна исследования дополняется тем, что в рамках проведенной работы были разработаны нейросетевые модели определения уникальных признаков живых объектов со статодинамическими особенностями на примере поверхности спины и лица человека: что автор осуществил подбор эффективных гиперпараметров нейросетевой модели с целью определения реперных точек на поверхности спины и лица.

В результате проведенного исследования автором были разработаны методы анализа уникальных признаков живых объектов на основе экспертных знаний, отличающихся формированием протоколов диагностики,

автоматизированным подходом и облачной реализацией. Основная идея научной новизны в данном случае заключается в разработке автоматизированных алгоритмов для локализации реперных точек.

Автором была разработана интеллектуальная система анализа пространственных изображений объекта со статодинамическими особенностями, отличающаяся использованием запатентованного способа дистанционного исследования живых объектов (на примере поверхности спины и лица человека) без необходимости применения дополнительного оборудования. В данном положении научная новизна достигается за счет анализа «виртуальной модели» опосредованно через фотограмметрию, а не путем расчета абсолютных параметров пространственного взаимоотношения.

Положения, выносимые на защиту, обоснованы содержанием диссертационной работы, что детально изложено в ее главах.

Достоверность полученных результатов диссертации подтверждается сравнительным анализом с признанными методами оценки состояния позвоночника, такими как компьютерная оптическая топография и рентгенография. В частности, для нейронной сети, предназначенной для определения уникальных признаков поверхности спины, общая вероятность правильного определения каждого уникального признака составила более 88%. При исключении из выборки точек таза точность модели возросла до 96%. Для нейросетевой модели, анализирующей уникальные признаки поверхности лица, аналогичный показатель составил более 98%.

Теоретическая и практическая значимость результатов

Теоретическая значимость диссертации заключается в усовершенствовании методов анализа пространственных изображений живых объектов с учетом их статодинамических особенностей. Практическая значимость работы проявляется в возможности использования разработанной интеллектуальной системы в качестве инструмента для ранней диагностики различных нарушений здоровья человека, позволяя определять и

анализировать количественные характеристики цифровых биологических моделей.

Апробация работы и публикации по теме исследования

Апробация результатов исследования проводилась через доклады на семинарах кафедры вычислительной математики, механики и биомеханики Пермского национального исследовательского политехнического университета, а также на нескольких международных и региональных конференциях. Разработанная интеллектуальная система была продемонстрирована на ряде выставок, где получила высокую оценку. В результате диссертационного исследования было опубликовано 13 научных работ, включая 7 статей в изданиях из Перечня ВАК РФ и 3 статьи в международной базе цитирования Scopus. Также получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ и 1 патент на изобретение.

Замечания

По диссертации имеются следующие вопросы и замечания.

1. В диссертации и автореферате встречается множество орфографических и пунктуационных ошибок, а также опечаток.

2. На странице 140 диссертации приведена схема выполнения рентгенографии четверем пациентам. В схеме указано, что дважды (3 и 4 этапы схемы) выполнялась съемка грудного отдела в сагиттальной плоскости. С какой целью съемка в одном режиме выполнялась дважды?

3. Достаточно ли по мнению автора работы провести сравнение точности двух методов получения «линий позвоночника» по данным только 4 пациентов?

4. В разделе 3.3.5 диссертации автор приводит результаты разработки нейронной сети для поиска реперных точек спины. В этом же разделе приводятся фотографии, использованные для обучения нейросети. Все приведенные фотографии (рисунок 30, рисунок 31) сделаны со стороны спины

испытуемых, то есть позволяют оценить только картину деформаций позвоночника в фронтальной проекции. Далее в разделе 3.4.2 говорится о трехмерной модели позвоночника, которую может строить приложение ScolView. Каким образом только по фронтальным снимкам приложение строит трехмерную модель?

5. На каком количестве снимков в обучающей выборке была обучена нейросеть, используемая для построения трехмерной модели позвоночника?

6. На рисунке 66 и на странице 191 диссертации приведены обозначения трех плоскостей: фронтальной, горизонтальной и сагиттальной. Возможно, автор что-то напутал в обозначениях, это требует пояснения.

7. На странице 185 автор пишет, что «диссертация направлена на разработку интеллектуальной системы анализа пространственных изображений человека», но на странице 8 целью работы заявляется «повышение доступности анализа пространственных изображений живых объектов со статодинамическими особенностями ...». Может ли автор пояснить, что же являлось целью работы? Если цель работы достигнута, то может ли автор оценить, на сколько повысилась доступность анализа пространственных изображений живых объектов со статодинамическими особенностями?

8. Акты внедрения, представленные к диссертационной работе, свидетельствуют о внедрении интеллектуальной системы в практическую деятельность лечебно-профилактических учреждений. Может ли автор пояснить, на каком основании была внедрена система? Имеет ли она удостоверение Росздравнадзора?

9. Автор заявляет о том, что «интеллектуальная система эффективнее в три раза по отношению к рентгенографическому методу: время однократной эксплуатации интеллектуальной системы составляет 3 мин против 15 мин». Возможно, здесь опечатка. Эта фраза требует пояснения.

Настоящие замечания не являются критическим и не умаляют вклад автора в разработку темы диссертационного исследования.

Общий вывод

Диссертационное исследование производит положительное впечатление и имеет значительный потенциал. Убежден, что диссертация соответствует всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к работам на соискание ученой степени кандидата технических наук, и ее автор Шитоев Иван Дмитриевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент

доктор физико-
математических наук,
доцент, профессор кафедры
математической теории
упругости и биомеханики
ФГБОУ ВО «Саратовский
национальный
исследовательский
государственный
университет имени
Н.Г. Чернышевского»,
410012, г. Саратов,
ул. Астраханская, дом 83
Телефон: +7 (987) 826-67-48
E-mail: ivanovdv.84@ya.ru

Иванов Дмитрий Валерьевич

2

«14» августа 2025 г

Подпись <u>Д.В. Иванова</u>	удостоверяю
Ученый секретарь	
Ученого совета СГУ	
«19» август	

С С И И