

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора физико-математических наук, профессора кафедры математического анализа и теории функций федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет» **Лосева Александра Георгиевича** 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.

Актуальность диссертационной работы Шитоева И.Д. 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, не вызывает сомнений. Проблема анализа и оценки геометрических характеристик трехмерных объектов на первый взгляд кажется достаточно разработанной. Имеется достаточно большое количество исследований о возможностях оценки рельефа поверхности земли, архитектурных сооружений и зданий. Однако, в последние десятилетия, возникла интересная и весьма значимая задача оценки геометрических характеристик поверхностей тел живых объектов, стоящая на стыке наук о жизни и технических изысканий. Проблема оценки, так называемого, рельефа живых объектов заключается в необходимости точного изучения рельефа поверхности на фоне движений, связанных с дыханием, сердцебиением и постуральными установками. Последнее потребовало разработки новых методов и алгоритмов анализа рельефа живых объектов, которые возникают, в том числе, из потребностей современной клинической медицины. В том числе это связано с требованиями обеспечения максимальной безопасности как для пациентов, так и медицинского персонала. Так, например, применение рентгеновского излучения при оценке деформаций скелета человека не в полной мере безопасно. В частности, оно провоцирует развитие осложнений в следствие ионизирующего поражения живых тканей при частом или длительном воздействии волн рентгеновского диапазона.

Оценка содержания работы.

Диссертационная работа построена в классическом стиле, главы достаточно логично представляют суть диссертационного исследования.

В первой главе автор описывает современное состояние проблемы анализа изображений объектов со статодинамическими особенностями. В первой ее части отражены основные вехи развития цифровых методов обработки трехмерных изображений, в том числе обсуждаются способы создания трехмерных моделей, веб-технологии динамического представления трехмерных объектов, нейросетевой анализ многомерных графических данных, методы получения и анализа трехмерных изображений в медицине. Во второй части главы обсуждаются проблемы получения и распознавания объектов, ограничения существующих алгоритмов распознавания трехмерных объектов, возможности визуализации трехмерных данных, узкие места современного состояния цифровой диагностики в медицине.

Во второй главе автор освещает основные положения концептуальной модели исследования, представляя модульную структуру в виде клиентской части, компьютера администратора и мобильного устройства клиента, серверной части в виде головного сервера и сервера обработки. Функциональные модули включают в себя модуль получения трехмерного изображения, модуль подготовки трехмерного изображения, модуль определения уникальных признаков, модуль анализа уникальных признаков. Описание концептуальной модели завершается изложением функциональности структуры. В конце главы приводится описание структуры интеллектуальной информационной системы, разработанной в данном исследовании.

В третьей главе автор описывает функциональные особенности интеллектуальной системы, демонстрируя ее внутренние процессы, связанные с получением трехмерного изображения методом стереофотограмметрии и методами обработки данных. При этом основное внимание уделяется описанию алгоритмов сглаживания, локального взвешенного сглаживания рассеянных точек, а также сглаживанию модели позвоночника и обработки зашумлённых данных.

Кроме того, в этой главе представлены алгоритмы определения уникальных признаков трехмерного изображения методами математического и статистического анализа, в том числе алгоритмы поиска точек поверхности спины и лица, переход от традиционного математического алгоритма к нейросетевому. Затем автором подробно описываются процессы разработки нейронной сети для поиска реперных точек лица и спины.

Завершается глава описанием анализа уникальных признаков трехмерного изображения методами математического анализа, основанного на закономерностях предметной области, заключающегося непосредственно в

геометрическом анализе точек спины, точек позвоночного столба и уникальных признаков лица.

В четвертой главе автором описаны результаты апробации интеллектуальной системы, полученной в ходе диссертационного исследования. Подробно представлены результаты сравнения программных средств фотограмметрической реконструкции, а также проведен достаточно репрезентативный анализ достоверности разработанной интеллектуальной системы в сравнении с существующими методами оценки выраженности деформации позвоночника – рентгенографическим исследованием и компьютерной оптической топографии. Кроме этого было проведено сравнение работы нейронной сети, показан достаточно высокий уровень достоверности результатов ее функционирования. Практические результаты диссертационного исследования демонстрируют востребованность полученных данных в медицинской практике, что обосновывается фактами ее внедрения в ведущих медицинских учреждениях г. Перми. Глава завершается результатами оценки эффективности разработанной информационной системы.

Диссертационная работа завершается заключением, в котором автор констатирует, что в ходе работы были разработаны методы обработки трехмерных изображений объектов со статодинамическими особенностями, в том числе метод обработки трехмерных изображений объектов с описанием исследуемого трехмерного объекта как математической функции и метод вычисления основных признаков трехмерных изображений объектов с использованием нейросетевой модели для анализа, который позволяет более точно учитывать характер закономерностей моделируемой предметной области. Также были разработаны две нейросетевые модели для конкретных областей трехмерного объекта (на примере головы и туловища человека). Полученные нейросетевые модели были оценены на тестовых выборках. Каждая из моделей определяет уникальные признаки тела человека с высоким уровнем достоверности. К тому же автором была разработана интеллектуальная система для диагностики нарушения осанки и лицевых изменений, с помощью которой была проведена серия экспериментов и сравнений, показавших высокий уровень достоверности. На основе разработанных методов созданы два мобильных приложения для диагностики нарушений осанки и лицевых изменений.

В качестве приложений к диссертации автором представлены результаты статистического анализа, результаты фотограмметрии рельефа спины, описание программного обеспечения для анализа пространственных изображений спины, акты внедрения интеллектуальной системы.

Научная новизна результатов исследования.

Следует выделить следующие результаты, обладающие научной новизной:

1. Разработаны оригинальные алгоритмы получения и обработки трехмерных изображений живых объектов методом стереофотограмметрии, отличающиеся дополнительной предобработкой изображений методами фильтрации и «карт глубин», что позволяет получить трехмерную модель объекта с высоким уровнем детализации, благодаря нивелированию статодинамических особенностей.

2. Подобраны эффективные гиперпараметры предложенных нейросетевых моделей определения уникальных признаков живых объектов со статодинамическими особенностями на примере поверхности спины и лица человека.

3. Разработаны методы анализа уникальных признаков живых объектов на основе экспертных знаний, отличающиеся формированием протоколов диагностики, автоматизированным подходом и облачной реализацией

4. 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.

Достоверность результатов исследования.

Достоверность результатов диссертации обеспечивается сравнением с подтвержденными методами оценки состояния позвоночного столба, а также итогами тестирования искусственной нейронной сети. Так, для нейронной сети, определяющей уникальные признаки поверхности спины, вероятность определения каждого уникального признака составила более 0.88, а при исключении из выборки точек таза точность нейросетевой модели повысилась до 0.96. Для нейронной сети, определяющей уникальные признаки поверхности лица, аналогичное значение точности составило более 0.98.

Теоретическая и практическая значимость.

Теоретическая значимость диссертации заключается в развитии методов анализа пространственных изображений живых объектов со статодинамическими особенностями. Практическая значимость исследования

состоит в возможности использовании разработанной диагностической интеллектуальной системы в качестве инструмента ранней диагностики некоторых нарушений здоровья человека, путем определения и анализа количественных характеристик цифровых биологических моделей.

Апробация работы и публикации по теме исследования.

Апробация результатов исследования проведена в ходе обсуждений на семинарах кафедры вычислительной математики, механики и биомеханики ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», а также докладов на международных и региональных конференциях. Разработанная интеллектуальная система была представлена на ряде выставок. По результатам диссертационного исследования были опубликованы работы в 13 научных публикациях, в том числе 7 статей в изданиях из Перечня ВАК РФ, из них 3 статьи из международной базы цитирования Scopus, получены 3 свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ, 1 патент на изобретение.

Замечания.

Имеются некоторые незначительные замечания к представленной диссертационной работе, в основном оформительского характера.

1. В тексте диссертации нет формальной информации о разделении совместных опубликованных результатов соискателя. Впрочем, данная информация имеется в заключении организации, в которой выполнена работа.
2. В первой части диссертации, например на стр.52, автор применяет оборот речи "математические или нейросетевые алгоритмы". По мнению оппонента, нейросетевые алгоритмы также относятся к математическим. Впрочем из дальнейшего текста диссертации вполне понятно, что именно имеется в виду.
3. Некоторые формулы, например на стр. 84, можно было бы оформить более традиционным для математиков способом.
4. В тексте диссертации имеются повторения, некоторые из которых могут вызвать недопонимание. Например на стр. 48 и стр. 167 указано, что "чувствительность и специфичность ФМ при оценке торсии была выше 83% и 78%". Однако в первом случае была указана статья [86], а во втором - [20].
5. На стр. 16 применен крайне неудачный оборот речи - "с точностью до 5%". Без пояснений что именно имеется в виду под термином "точность", результат становится не очень понятным.
6. В таблице 4 на стр. 33 знак неравенства в последнем столбце оценки угла по Коббу по всей видимости указан не верно.

7. Отсутствует обоснование выбора констант $(-0.35; 0.04; 1/5; 1/7)$ в алгоритме на стр. 85.

8. Подход, примененный при анализе геометрии позвоночника, связанный с условной сегрегацией на равные сегменты, не вызывает уверенности по вопросу своей точности. Автор не представляет подробной информации об обоснованности такого подхода и не приводит данных о генерации ошибок по результатам его применения.

9. В содержании диссертации отсутствуют данные о тестировании интеллектуальной системы по оценке лицевых изменений.

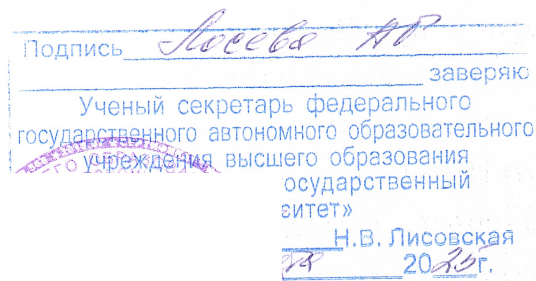
10. В диссертационной работе автор визуализирует ломаную кривую, соответствующую линии, соединяющей остистые отростки позвонков в виде круговой диаграммы. Предложенная круговая диаграмма разделена автором на четыре квадранта, ограниченных значениями $89^\circ/-89^\circ$ и $1^\circ/-1^\circ$. Очевидно, что такое обозначение углов носит инновационный характер и требует пояснения собственной значимости для диссертационной работы.

Заключение.

В целом, диссертационное исследование оставляет весьма положительное впечатление и кажется достаточно перспективным. Считаю, что диссертация удовлетворяют всем требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор Шитоев Иван Дмитриевич достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Официальный оппонент
доктор физико-математических
наук, профессор кафедры
математического анализа и
теории функций ФГАОУ ВО
«Волгоградский
государственный университет»,
400062, г. Волгоград,
Университетский пр-кт, д. 100
Телефон: +7 (8442) 40-55-27
E-mail: alexander.losev@volsu.ru

Лосев Александр
Георгиевич



«27» 08 2025 г