

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
и международной деятельности
ФГБОУ ВО «Юго-Западный

венный университет»
технических наук, доцент

А.Ю. Алтухов

г 2025

2025 года

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертации

Шитоева Ивана Дмитриевича

«Интеллектуальная система анализа пространственных изображений объекта со статодинамическими особенностями»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика

1. Актуальность темы

Актуальность темы диссертационной работы Шитоева Ивана Дмитриевича на тему: «Интеллектуальная система анализа пространственных изображений объекта со статодинамическими особенностями», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика, не вызывает сомнений. В современном мире проблема анализа пространственных изображений живых объектов становится все более актуальной. Существует растущий интерес к точной оценке статодинамических характеристик различных объектов, включая биологические структуры. Однако, перед научным сообществом стоит сложная задача – анализировать и интерпретировать трехмерные изображения живых организмов с учетом их динамических изменений, вызванных физиологическими процессами, такими как дыхание и сердцебиение. Это требует создания новых методов и алгоритмов, которые могут быть успешно применены в клинической практике, поскольку существующие технологии могут представлять определенные риски для здоровья пациентов. Например, рентгеновские исследования, несмотря на свою распространенность, могут быть опасны для здоровья из-за воздействия ионизирующего излучения.

2. Характеристика структуры и содержания работы

Диссертационная работа выполнена в логической последовательности, каждая глава раскрывает ключевые аспекты исследования. В первой главе автор рассматривает текущее состояние проблемы анализа пространственных изображений, акцентируя внимание на значении статодинамических характеристик. В первом разделе подробно обсуждаются достижения в области цифровой обработки трехмерных изображений, включая методы создания трехмерных моделей, веб-технологии для динамического представления объектов, нейросетевой анализ многомерных данных и их применение в медицине. Во втором разделе акцентируется внимание на проблемах, связанных с получением и распознаванием объектов, а также на ограничениях существующих математических и нейросетевых алгоритмов.

Во второй главе автор представляет результаты концептуальной модели исследования, демонстрируя модульную архитектуру, состоящую из клиентской части, серверной части и мобильного приложения. Функциональные модули включают в себя модули для получения и подготовки трехмерного изображения, а также для анализа уникальных признаков объектов. Завершает главу описание структуры интеллектуальной системы, подтверждающее ее работоспособность.

Третья глава посвящена детальному анализу функциональных особенностей интеллектуальной системы. Автор описывает внутренние процессы, связанные с получением трехмерного изображения с использованием стереофотограмметрии и методов обработки данных. Внимание уделяется алгоритмам сглаживания и обработке шумов, а также алгоритмам определения уникальных признаков, основанным на математическом и статистическом анализе. Автор демонстрирует переход от традиционных математических методов к нейросетевым алгоритмам, подробно описывая разработку нейронной сети для поиска ключевых точек на изображениях.

В четвертой главе представлены результаты апробации разработанной интеллектуальной системы. Автор подробно описывает сравнительный анализ с существующими методами, такими как рентгенография и компьютерная оптическая топография, демонстрируя высокую достоверность полученных результатов. Практическая значимость работы подтверждается внедрением системы в ведущие медицинские учреждения, что свидетельствует о ее актуальности и необходимости в клинической практике. Глава завершается оценкой эффективности разработанной системы, которая превосходит существующие методы как с технической, так и с экономической точки зрения.

Диссертационная работа завершается содержательным заключением, в котором автор подводит итоги проведенного исследования. Он утверждает, что были разработаны новые методы обработки трехмерных изображений с учетом статодинамических особенностей, включая математические методы и нейросетевые модели, которые обеспечивают более точный анализ. Также автором разработаны мобильные приложения для диагностики нарушений осанки и лицевых изменений, что подчеркивает практическую значимость работы.

В приложениях к диссертации представлены результаты статистического анализа, описание программного обеспечения для анализа пространственных изображений, а также акты внедрения интеллектуальной системы в практическое здравоохранение.

3. Научная новизна и достоверность полученных результатов

Научная новизна исследования находит свое отражение в серии тезисов, где автор последовательно демонстрирует, 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 методы фильтрации и анализа карт глубины. Еще одним аспектом научной новизны работы является то, что в ходе исследования были разработаны нейросетевые модели определения уникальных признаков живых объектов со статодинамическими особенностями на примере поверхности спины и лица человека. Автор подкрепляет это тем, что подобрал ключевые гиперпараметры для нейросетевой модели, позволяющей определять реперные точки на поверхностях спины и лица.

На основании исследования автором были разработаны методы анализа уникальных признаков живых объектов на основе экспертных знаний, отличающихся формированием протоколов диагностики, автоматизированным подходом и облачной реализацией. В данном случае научная новизна проявляется в разработке автоматизированных алгоритмов, ориентированных на поиск реперных точек.

Важным элементом для подтверждения научной новизны работы стало то, что 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. Подтверждение научной новизны в этом контексте достигается посредством анализа «виртуальной модели» через фотограмметрию, а не через расчет абсолютных параметров пространственного взаимоотношения.

Достоверность и надежность полученных результатов подтверждаются сравнительным анализом с признанными методами оценки состояния позвоночника, такими как компьютерная оптическая топография и рентгенография, а также тестированием разработанных искусственных нейронных сетей на контрольных и верификационных выборках. К примеру, для нейросети, осуществляющей идентификацию уникальных признаков поверхности спины, суммарная вероятность правильного определения каждого признака превышает 88%. При исключении из выборки точек таза точность модели возросла до 96%. Аналогично, для нейросети, выявляющей уникальные признаки поверхности лица, уровень точности достиг более 98%.

4. Теоретическая значимость результатов, полученных в диссертации

Теоретическая значимость диссертации выражается в развитии методов интеллектуального анализа пространственных изображений живых объектов с учетом их статодинамических особенностей на основе применения современных алгоритмов компьютерного зрения и нейросетевых технологий.

5. Практическая значимость результатов, полученных в диссертации

Результаты диссертационного исследования были апробированы посредством докладов на семинарах кафедры вычислительной математики, механики и биомеханики Пермского национального исследовательского политехнического университета, а также на нескольких международных и региональных научных конференциях. Разработанная интеллектуальная система была представлена на ряде профильных выставок. По итогам исследования опубликовано 13 научных работ, включая 7 статей в изданиях из Перечня ВАК РФ, из которых 3 статьи индексируются в международной базе Scopus. Кроме того, получены 3 свидетельства о государственной регистрации программного обеспечения и 1 патент на изобретение.

Практическая значимость заключается в применении разработанной интеллектуальной системы как диагностического инструмента для раннего выявления различных нарушений здоровья человека, что достигается путем количественного анализа цифровых биомеханических моделей.

6. Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационного исследования кажутся патентными при внедрении в практическую медицинскую деятельность, в том числе для проведения скринингового мониторинга детей и подростков на предмет раннего выявления деформации позвоночника, а также для оценки выраженности нарушений рельефа лица у пациентов стоматологического и косметологического профиля. Следует отметить, что широкое внедрение интеллектуальной системы в практическом здравоохранении может быть осуществлено после проведения процедуры государственной регистрации интеллектуальной системы как медицинского изделия.

7. Соответствие требованиям по выполнению и оформлению результатов диссертации.

Диссертация оформлена в соответствии с актуальными требованиями ГОСТ и указаниям ВАК РФ. Иллюстративный материал диссертации исчерпывающий и информативный.

8. Замечания по диссертации

В отношении содержательной части диссертации имеются следующие замечания, требующие разъяснений:

1. В описании алгоритма поиска реперных точек автор оперирует понятиями срединная точка задней поверхности шеи, левая точка задней поверхности шеи, правая точка задней поверхности шеи, точка левой подмышечной впадины, точка правой подмышечной впадины и др. В свете выходных данных интеллектуальной системы, описывающей положения остистых отростков, как твердых костных ориентиров, разъяснений требует необходимость включения реперных точек, соответствующих мягкотканым образованиям, в алгоритм функционирования интеллектуальной системы.

2. В разделе 4.1.4 диссертации не совсем корректно представлены метрики, используемые автором для оценки полученного результата, что связано с буквальным переводом их англоязычных названий. В результате чего у автора появились две метрики «точность»: Precision и Accuracy. Во избежание таких некорректностей целесообразно пользоваться русскоязычными названиями метрик, например, прогностическая значимость положительных результатов, диагностическая эффективность.

3. В качестве программных инструментов диссертационного исследования были выбраны графическая среда Blender, а также Meshroom и

Metashape, однако в содержании диссертационной работы отсутствует обоснование выбранных инструментов с позиции их технических и эксплуатационных характеристик. Настоящее замечание требует пояснения со стороны автора.

4. Представленная автором интеллектуальная система представляет собой обоснованный с практической точки зрения инструмент для оценки выраженности деформации позвоночного столба. Однако в содержании диссертационного исследования отсутствует описание возможности экстраполяции принципа функционирования интеллектуальной системы на смежные области медицинской науки. Настоящее замечание также требует пояснений со стороны автора.

9. Заключение

Диссертационная работа И.Д. Шитоева «Интеллектуальная система анализа пространственных изображений объекта со статодинамическими особенностями» является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной задачи совершенствования методов интеллектуального анализа пространственных изображений живых объектов с учетом их статодинамических особенностей на основе применения современных алгоритмов компьютерного зрения и нейросетевых технологий.

Диссертация подготовлена соискателем самостоятельно, обладает внутренним единством, содержит новые научные результаты, имеющие значение для науки и практики. Работа оформлена в соответствии с требованиями, предъявляемыми к кандидатским диссертациям. Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные в диссертации, обоснованы и достоверны. Автореферат полностью и правильно отражает основные положения и выводы диссертации.

Решение рассматриваемой научной проблемы предполагает научные исследования и технические разработки, включенные в формулу научной специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации, статистика:

1. Разработка специального математического и алгоритмического обеспечения систем анализа, оптимизации, управления, принятия решений и обработки информации (п. 5).

2. Визуализация, трансформация и анализ информации на основе компьютерных методов обработки информации (п. 12).

3. Методы получения, анализа и обработки экспертной информации (п. 13).

Представленное диссертационное исследование в целом оценивается положительно и обладает явным высоким потенциалом для дальнейших исследований и практического применения. Работа полностью отвечает требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения степеней» (Постановление Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 в ред. Постановления Правительства РФ от 20.03.2020 №426), предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата технических наук. Это дает основание считать, что Шитоев Иван Дмитриевич достоин присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв подготовил:

д.т.н., профессор, профессор кафедры
биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного
университета

Филист Сергей Алексеевич

305004, г. Курск, ул. Челюскинцев, 19, корпус

Тел. 8-903-875-54-69

E-mail: kstu-bmi@yandex.ru

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры биомедицинской инженерии Юго - Западного государственного университета 29 августа 2025 года, протокол №. 1

Заведующего кафедрой биомедицинской инженерии Юго-Западного государственного университета,

доктор медицинских наук, профессор

П. Серегин

Контакты ведущей организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет»,

305040, г. Курск, 50 лет Октября ул., д. 94.

Контактный телефон: (4712) 50-48-00

Адрес электронной почты: rector@swsu.ru

Адрес официального сайта в сети «Интернет»: <http://www.swsu.ru/>

ОБЩЕСТВО НАУКИ

Исх. №
Зав. кафедрой
Института по кадрам

С. П. Серегин, С. А. Филист

А. А. Чанов