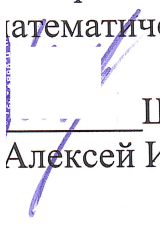


УТВЕРЖДАЮ
проректор по науке и инновациям
ФГАОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет», доктор физико-
математических наук, доцент


Швейкин
Алексей Игоревич

« 23 » июня 2025 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Интеллектуальная система анализа пространственных изображений объекта со статодинамическими особенностями» выполнена на кафедре «Вычислительная математика, механика и биомеханика» в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

В период подготовки диссертации Шитоев Иван Дмитриевич работал в должности генерального директора в обществе с ограниченной ответственностью «Йорд Тех», в должности ассистента кафедры «Вычислительная математика, механика и биомеханика» в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (по совместительству) и в должности руководителя проекта в обществе с ограниченной ответственностью «Сколвью» в должности руководителя проекта (по совместительству).

В 2017 году Шитоев И.Д. окончил Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» по специальности «Физика», специализация «Физика материалов нано- и микросистемной техники».

В 2021 году освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению «Математика и механика» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего

образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

В 2025 году прикреплен для подготовки диссертации на соискание учёной степени кандидата наук без освоения программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (приказ по Пермскому национальному исследовательскому политехническому университету от 13.02.2025 г. №24-А).

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Столбов Валерий Юрьевич, работает заведующим кафедрой вычислительной математики, механики и биомеханики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

- провел критический анализ существующих методов создания и обработки изображений объектов со статодинамическими особенностями и их современных проблем;
- разработал концептуальную модель интеллектуальной информационной системы обработки пространственных изображений объекта со статодинамическими особенностями;
- разработал алгоритмы подготовки двумерных и трехмерных цифровых изображений объектов с определенными статодинамическими особенностями;
- разработал интеллектуальную информационную систему обработки трехмерных изображений объектов с определенными статодинамическими особенностями;
- провел тестирование разработанных алгоритмов, сравнительный анализ результатов предложенных методов обработки трехмерных изображений объектов с определенными статодинамическими особенностями;
- выполнил апробацию предложенных методов и алгоритмов анализа ограниченных данных при участии в фундаментальных исследованиях в рамках соглашений в 2022 и 2023 гг. с АНО «Научно-образовательный центр мирового уровня «Рациональное недропользование» по проекту «Новые материалы и технологии для медицины»;
- внедрил разработанные методы в практическую деятельность организаций Государственное автономное учреждение здравоохранения Пермского края «Городская клиническая больница №4» и общество с ограниченной ответственностью «Йорд Мед», с которыми заключил лицензионный договор на использование результатов интеллектуальной деятельности программы для ЭВМ.

2. Научная новизна диссертационной работы заключается в развитии алгоритмов и методов, обработки и интеллектуального анализа трехмерных изображений живых объектов, полученных методом стереофотограмметрии, а также в получении следующих научных результатов:

- Разработаны оригинальные алгоритмы получения и обработки трехмерных изображений живых объектов методами стереофотограмметрии, отличающиеся дополнительной предобработкой изображений, что позволяет получить трехмерную модель объекта с более высоким уровнем детализации, благодаря нивелированию статодинамических особенностей.
- Разработаны новые нейросетевые модели определения уникальных признаков живых объектов со статодинамическими особенностями (на примере поверхности спины и лица человека).
- Разработаны методы анализа уникальных признаков живых объектов на основе экспертных знаний, отличающиеся формированием протоколов диагностики, автоматизированным подходом и облачной реализацией.
- 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.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается результатами сравнения с подтвержденными методами оценки состояния позвоночного столба (общепринятые методы компьютерной оптической топографии и рентгенографии), тестирования искусственных нейросетей на тестовых и подтверждающих выборках, а также результатами внедрения и опытной эксплуатации разработанных алгоритмов. Апробация полученных результатов проведена на всероссийских конференциях.

4. Теоретическая и практическая значимость исследования.

Разработаны оригинальные алгоритмы и методы получения, обработки и анализа трехмерных изображений живых объектов, полученных методом стереофотограмметрии.

Разработанные алгоритмы и методы использовались на лекционных и практических занятиях по дисциплинам «Медицинская информатика», «Информатика, медицинская информатика и статистика» в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Практическая значимость данного исследования определяется тем, что разработана диагностическая программно-аппаратная система, предназначенная для ранней диагностики развития определенных нарушений

здоровья человека (в диссертационном исследовании для примера были рассмотрены дорсопатии и лицевые изменения человека) путем определения и анализа количественных характеристик цифровых биологических моделей. Применение предложенных в диссертации алгоритмов позволило проводить удаленную скрининг диагностику состояния позвоночного столба или геометрии лица, а также в режиме реального времени получить дополнительные рекомендации и корректировку лечения от врача. Система позволяет осуществлять непрерывный мониторинг за состоянием здоровья без дополнительной лучевой нагрузки (как при рентгеновском исследовании), тем самым выступая превентивной мерой оценки и контроля развития патологического состояния. Практическая ценность работы состоит также в том, что разработанные алгоритмы могут быть использованы для повышения эффективности построения трехмерного изображения живого объекта и определения его уникальных признаков, связанных со статодинамическими особенностями, т.е. применяться не только в области медицины, но и в других предметных областях.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

Содержание диссертационной работы достаточно полно отражено в 13 научных работах, в их числе 6 статей в рецензируемых научных изданиях, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, из них 2 статьи в изданиях, индексируемых в международной реферативной базе и системе цитирования Scopus, получены 1 патент на изобретение, 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. В тексте диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем по теме диссертации работах. Основное содержание диссертации отражено в следующих работах:

Публикации в изданиях, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук

1. **Шитоев, И.Д.** Цифровые модели и инструменты для диагностики трехмерной деформации позвоночника на основе данных стереофотограмметрии / И.Д. Шитоев, В.Ю. Столбов, С.В. Муравьев, В.Н. Никитин, Г.З. Клоян. – Текст: непосредственный // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2022. – № 4. – С. 60 – 82. – DOI 10.15593/2499-9873/2022.4.04.

Соискателем описаны предлагаемые алгоритмы и методы обработки данных для объективной оценки степени выраженности деформации

позвоночного столба. Показан оригинальный математический алгоритм расчета пространственного расположения точек, формирующих линию позвоночника по результатам стерефотограмметрии. (Вклад соискателя 10 / 22 стр.)

2. Шитоев И.Д., Муравьев С.В., Каракулова Ю.В., Печерский В.И., Никитин В.Н., Клоян Г.З. Эволюция оптической диагностики деформации позвоночника (Screening System of Diagnostics Posture Disorders) Методы и перспективы развития (обзор литературы) // Гений ортопедии. 2022, Т. 28, № 5. С. 734-744. DOI 10.18019/1028-4427-2022-28-5-734-744.

Соискателем технические особенности методов оптической диагностики деформации позвоночника, рассчитаны оценки точности, надежности и воспроизводимости методов оптической диагностики. (Вклад соискателя 4 / 10 стр.)

3. Шитоев, И.Д. Применение компьютерного зрения для определения реперных точек при оценке нарушения осанки / И.Д. Шитоев, В.Н. Никитин, М.Д. Иванова, Г.З. Клоян, С.В. Муравьев / Текст : непосредственный // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2023. – № 4. – С. 94–106. – DOI 10.15593/2499-9873/2023.4.06.

В статье представлены оригинальные алгоритмы поиска реперных точек на дорсальной поверхности туловища человека. Соискателем показано, что наиболее стабильные по своему анатомическому расположению реперные точки соответствуют костным ориентирам дорсальной поверхности туловища. (Вклад соискателя 6 / 12 стр.)

4. Шитоев, И.Д. Применение компьютерного зрения для определения реперных точек при оценке геометрии лица / И.Д. Шитоев, С.В. Муравьев, М.Д. Иванова, Г.З. Клоян. – Текст : непосредственный // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника» – 2024. – Т. 24. – № 3. – С. 16–28. – DOI 10.14529/ctcr240302.

В статье представлены оригинальные методы и алгоритмы обнаружения реперных точек лица. Соискателем показано, что реперные точки лица соответствуют анатомически стабильным костным ориентирам (Вклад соискателя 7 / 12 стр.)

5. Шитоев, И.Д. Сравнительная оценка репрезентативности рентгенографического и фотограмметрического методов диагностики деформации позвоночного столба / И.Д. Шитоев, С.В. Муравьев, В.Н. Никитин, А.Д. Пастухов. – Текст : непосредственный // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2024. – Т. 23. – № 2. – С. 19–28. – DOI 10.36622/1682-6523.2024.23.2.003.

В статье представлены результаты сравнения репрезентативности рентгенографического метода исследования позвоночника и данных стереофотограмметрии дорсальной поверхности туловища. Авторами обнаружены признаки высокой достоверности при соотнесении выходных данных указанных методов (Вклад соискателя 4 / 9 стр.).

6. **Шитоев, И.Д.** Сравнительная эффективность компьютерной оптической топографии и клинической фотограмметрии в оценке деформации позвоночника у подростков. / И.Д. Шитоев, С.В. Муравьев Ю.В. Каракулова, Г.З. Клоян, П.Н. Чайников, М.А. Ковалев – Текст : непосредственный // Результаты проспективного исследования // Пермский медицинский журнал. – 2025. – Т. 42. - №3. – С. 96-108. – DOI 10.17816/pmj42396-108.

В статье представлены результаты сравнения репрезентативности метода компьютерной оптической топографии и данных стереофотограмметрии дорсальной поверхности туловища. Авторами обнаружены признаки высокой достоверности при соотнесении выходных данных указанных методов (Вклад соискателя 6 / 12 стр.).

Патент на изобретение

7. Патент на изобретение № 2805588 Российская Федерация Способ исследования при деформирующей дорсопатии / **И.Д. Шитоев, Ю.В. Каракулова, С.В. Муравьев, В.Н. Никитин, Г.З. Клоян, В.И. Печерский.** – № 2022125230: заявл. 26.09.2022: опубл. 19.10.2023.

Соискателем идентифицирован медико-технический алгоритм стереофотограмметрического метода исследования – способ исследования при деформирующей дорсопатии. (Вклад соискателя 60%).

Свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ

8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020661234. Российская Федерация Скрининг система диагностики нарушений осанки (Screening System of Diagnostics Posture Disorders) / **И.Д. Шитоев, В.Н. Никитин.** – № 2020618130: заявл. 30.07.2020: опубл. 21.09.2020.

Соискатель разработал основные алгоритмы интеллектуальной системы для диагностики нарушений осанки. (Вклад соискателя 70%)

9. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022667399. Российская Федерация Программное обеспечение для регистрации реперных точек поверхности головы человека методом фотограмметрии / **И.Д. Шитоев, С.В. Муравьев.** – № 2022666812: заявл. 15.09.2022: опубл. 20.09.2022.

Соискатель разработал программу для идентификации реперных точек на поверхности головы человека (лице человека) по результатам стереофотограмметрического метода исследования. (Вклад соискателя 75%)

10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660190. Программное обеспечение для регистрации реперных точек поверхности тела человека методом фотограмметрии / И.Д. Шитоев, С.В. Муравьев. – № 2022617931: заявл. 29.04.2022: опубл. 31.05.2022.

Соискатель разработал программу для идентификации реперных точек на дорсальной поверхности туловища человека по результатам стереофотограмметрического метода исследования. (Вклад соискателя 75%)

Прочие работы по теме диссертации:

11. Иванова, М.Д Системы захвата движений: медико-техническая оценка современного этапа развития технологии / М.Д. Иванова, С.В. Муравьев, Г.З. Клоян, В.Н. Никитин, **И.Д. Шитоев** // Спортивная медицина : наука и практика, 2023. – Т. 13, – № 1. – С.28-40. DOI 10.47529/2223-2524.2023.1.9. (Вклад соискателя 3 / 12 стр.)

12. Шитоев, И.Д. Применение компьютерного зрения для определения реперных точек для оценки нарушения осанки // Искусственный интеллект. Формирование будущего: Материалы I Междунар. науч.-практич. конф., 29.04.2024 г. Краснодар: ИП Алзидан. – Краснодар. 2024. – С.310-314. (Вклад соискателя 4 / 4 стр.)

13. Шитоев, И. Д. Применение компьютерного зрения для определения реперных точек для оценки геометрии лица // Научные достижения и инновационные подходы: Материалы Междунар. науч.-практич. конф., 10.06.2024 г. Краснодар: ИП Алзидан. – Краснодар. 2024. – С.228-232. (Вклад соискателя 4 / 4 стр.)

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите

Представленная Шитоевым Иваном Дмитриевичем диссертационная работа посвящена разработке методов и алгоритмов получения, обработки и анализа трехмерных изображений живых объектов, полученных методом стереофотограмметрии; а также разработке интеллектуальной системы анализа пространственных изображений объекта со статодинамическими особенностями, имеющих важное значение для развития методов системного анализа, управления и обработки информации, искусственного интеллекта и их внедрения в технических и медико-биологических системах.

Указанная область исследования соответствует паспорту специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика:

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

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

п. 13. Методы получения, анализа и обработки экспертной информации.

7. Соответствие диссертации требованиям, установленным п. 14 Положения о присуждении ученых степеней.

Диссертационная работа Шитоева Ивана Дмитриевича представляет собой оригинальное исследование. Соискатель в тексте диссертации корректно ссылается на научные работы и источники заимствования используемых научных и экспериментальных материалов, на авторов исследований, направление которых релевантно теме диссертационной работы, в том числе на работы, выполненные им в соавторстве.

Диссертация «Интеллектуальная система анализа пространственных изображений объекта со статодинамическими особенностями» **Шитоева Ивана Дмитриевича** рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

Заключение принято на заседании расширенного научного семинара кафедры «Вычислительная математика, механика и биомеханика» Пермского национального исследовательского политехнического университета.

Результаты голосования: «За» – 20 чел., «Против» – 0 чел., «Воздержалось» – 0, протокол заседания № 2 от «25» февраля 2025 г.

доктор технических наук,
профессор, заместитель заведующего
кафедрой «Вычислительная математика,
механика и биомеханика» ПНИПУ

/ Федосеев Сергей Анатольевич /

20.06.2025

Подпись

Учёный сек
Учёного сои

20.06.2025