

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

**Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.21
по диссертации Шитоева Ивана Дмитриевича
на соискание учёной степени кандидата технических наук**

Диссертация Шитоева Ивана Дмитриевича «Интеллектуальная система анализа пространственных изображений объекта со статодинамическими особенностями», по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика принята к защите «14» июля 2025 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.21, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от «14» октября 2022 г. № 103-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым – четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. № 1792-р.

Диссертация 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.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Столбов Валерий Юрьевич, заведующий кафедрой «Вычислительная математика, механика и биомеханика» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский

национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Официальные оппоненты:

1) Лосев Александр Георгиевич, доктор физико-математических наук (01.01.02 дифференциальные управления, динамические системы и оптимальное управление), профессор кафедры «Математический анализ и теория функций» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Волгоградский государственный университет»;

2) Иванов Дмитрий Валерьевич, доктор физико-математических наук (01.02.08 Биомеханика), профессор кафедры «Математическая теория упругости и биомеханик», федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н. Г. Чернышевского».

Ведущая организация: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет», г. Курск* (отзыв ведущей организации утвержден проректором по научной работе и международной деятельности, доктором технических наук, доцентом Алтуховым Александром Юрьевичем, обсужден и одобрен на заседании кафедры биомедицинской инженерии 29 августа 2025 года, протокол №1, подписан заведующим кафедрой биомедицинской инженерии, доктором медицинских наук, профессором Серегиным Станиславом Петровичем, подготовлен профессором кафедры биомедицинской инженерии, доктором технических наук, профессором Филистом Сергеем Алексеевичем).

Выбор ведущей организации обосновывается наличием в Юго-Западном государственном университете научно-педагогических работников, обладающих компетенциями в области системного анализа, управления и обработки информации, статистики, в том числе наличием на базе Юго-Западного государственного университета, Орловского государственного

университета им. И.С. Тургенева, Белгородского государственного национального исследовательского университета диссертационного совета 99.2.029.03 по защите диссертаций на соискание учёной степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук, в том числе по специальности 2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика.

По теме диссертации соискателем опубликовано 13 научных работ в рецензируемых изданиях, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертации на соискание учёной степени кандидата наук. В их числе 3 статьи в изданиях, индексируемом в международных реферативных базах и системах цитирования Web of Science Core Collection и Scopus, 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. В тексте диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Цифровые модели и инструменты для диагностики трёхмерной деформации позвоночника на основе данных стереофотограмметрии / И. Д. Шитоев, В. Ю. Столбов, С. В. Муравьев [и др.] // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2022. – № 4. – С. 60-82. (из Перечня рецензируемых научных изданий)
2. Применение компьютерного зрения для определения реперных точек при оценке нарушения осанки / И. Д. Шитоев, В. Н. Никитин, М. Д. Иванова [и др.] // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2023. – № 4. – С. 94-106. (из Перечня рецензируемых научных изданий)
3. Применение компьютерного зрения для определения реперных точек при оценке геометрии лица / И. Д. Шитоев, С. В. Муравьев, М. Д. Иванова, Г. З. Клоян // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника. – 2024. – Т. 24, № 3. – С. 16-28. (из Перечня рецензируемых научных изданий)

4. Сравнительная оценка репрезентативности рентгенографического и фотограмметрического методов диагностики деформации позвоночного столба / И. Д. Шитоев, С. В. Муравьев, В. Н. Никитин, А. Д. Пастухов // Системный анализ и управление в биомедицинских системах. – 2024. – Т. 23, № 2. – С. 19-28. (из Перечня рецензируемых научных изданий)
5. Эволюция оптической диагностики деформаций позвоночника. Методы и перспективы развития (обзор литературы) / И. Д. Шитоев, С. В. Муравьев, Ю. В. Каракулова [и др.] // Гений Ортопедии / ORTHOPAEDIC QENIUS. – 2022. – Т. 28, № 5. – С. 734-744. (Web of Science Core Collection, Scopus)
6. Сравнительная эффективность компьютерной оптической топографии и клинической фотограмметрии в оценке деформации позвоночника у подростков. Результаты проспективного исследования / И. Д. Шитоев, С. В. Муравьев, Ю. В. Каракулова [и др.] // Пермский медицинский журнал. – 2025. – Т. 42, № 3. – С. 96-108. (Web of Science Core Collection, Scopus)
7. Патент на изобретение № 2805588 Российская Федерация. Способ исследования при деформирующей дорсопатии / И. Д. Шитоев, Ю. В. Каракулова, С.В. Муравьев [и др.]. – № 2022125230 : заявл. 26.09.2022 : опубл. 19.10.2023.
8. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020661234 Российская Федерация. Скрининг система диагностики нарушений осанки / И. Д. Шитоев, В. Н. Никитин. – № 2020618130 : заявл. 30.07.2020 : опубл. 21.09.2020.
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.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022660190 Российская Федерация. 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.

В приведенных работах отражены следующие основные научные результаты, предложенные соискателем: рассмотрены и проанализированы существующие методы оптической диагностики деформации позвоночника, представлены оригинальные методы и алгоритмы идентификации реперных точек спины и лица, предложены математические алгоритмы анализа трёхмерных моделей позвоночника, выполнен репрезентативный анализ сравнительной эффективности, разработанной интеллектуальной информационной систем и существующих методов экспертной оценки, на основании чего было показано, что отклонение кривых, соответствующих линиям, соединяющим остистые отростки позвоночника, полученных рентгенографическим и фотограмметрическим методами исследований позвоночника в боковой и сагиттальной проекциях, не превышает 5% по отношению к высоте позвоночного столба. В результате сравнения моделей позвоночного столба оценка полученных значений показала достаточный объем корреляционных связей с показателями компьютерной оптической топографии (среднее значение критерия Спирмена (SR) составило $0,758 \pm 0,025$). Также показано, что при тестировании интеллектуальной информационной системы для оценки рельефа поверхности лица, полученные данные свидетельствуют о высокой точности (более 95%) идентификации точек, а при тестировании интеллектуальной информационной системы для оценки выраженности деформации позвоночника точность измерений составляла 88-96%.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны оригинальные алгоритмы получения и обработки трёхмерных изображений живых объектов методом стереофотограмметрии, отличающиеся дополнительной предобработкой изображений, что позволяет получить трёхмерную модель объекта с высоким уровнем детализации, благодаря нивелированию статодинамических особенностей с помощью

методов фильтрации и «карт глубин»;

подобраны эффективные гиперпараметры нейросетевых моделей для определения реперных точек поверхности спины и лица;

разработаны методы анализа уникальных признаков живых объектов на основе экспертных знаний, отличающиеся автоматизированным формированием протоколов диагностики;

разработано программное обеспечение интеллектуальной информационной системы анализа пространственных изображений объекта со статодинамическими особенностями, отличающееся использованием запатентованного способа дистанционного исследования живых объектов (на примере поверхности спины и лица человека) без необходимости применения дополнительного оборудования.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изложены теоретико-методологические подходы к обработке и анализу трёхмерных живых объектов со статодинамическими особенностями, включая использование искусственных нейронных сетей;

изучены факторы, влияющие на качество получения трёхмерных изображений живых объектов и определение их основных параметров;

проведена модернизация существующих методов и алгоритмов анализа трёхмерных изображений живых объектов со статодинамическими особенностями, обеспечивающих повышение их качества и расширение количества анализируемых параметров для конкретной области медицины.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

разработаны мобильные приложения «ScolView» и «FrontArt», а также проведено их тестирование и опытная апробация в лечебно-диагностическом процессе;

получены результаты интеллектуальной деятельности и **внедрены** в деятельность ГАУЗ ПК «Городская клиническая больница №4» (г. Пермь) и ООО «Йорд Мед» (г. Пермь);

определены перспективы применения и риски использования

предложенных методов и алгоритмов в клинической медицине.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальное подтверждение качества трёхмерных изображений и верификацию разработанных нейронных сетей;

идея получения трёхмерных изображений объектов базируется на обобщении передового опыта в области компьютерного зрения, обучения искусственных нейронных сетей, системного анализа и математического моделирования сложных прикладных объектов и разработки интеллектуальных систем;

использованы экспертные оценки практикующих врачей при сопоставлении результатов с существующими теоретическими и прикладными исследованиями, а также при апробации интеллектуальной системы в лечебно-профилактических учреждениях.

Личный вклад соискателя состоит в проведении критического анализа существующих методов создания и обработки изображений объектов со статодинамическими особенностями и их современных проблем; в разработке концептуальной модели интеллектуальной информационной системы обработки пространственных изображений объекта со статодинамическими особенностями; в разработке алгоритмов подготовки двумерных и трёхмерный цифровых изображений объектов со статодинамическими особенностями; в разработке интеллектуальной информационной системы обработки и анализа трёхмерных изображений объектов с определенными статодинамическими особенностями; в проведении тестирования разработанных алгоритмов и сравнительного анализа результатов предложенных методов обработки трёхмерных изображений объектов со статодинамическими особенностями; в выполнении апробации предложенных методов и алгоритмов интеллектуального анализа 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».

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 09 декабря 2021 г. № 4334-В (в редакции от 28 мая 2024 г.): в ней изложены новые научно обоснованные теоретические результаты и программные решения, предназначенные для обработки цифровых изображений объектов со статодинамическими особенностями и создания их трёхмерных моделей, что имеет важное значение для развития методов системного анализа сложных прикладных объектов и обработки информации.

На заседании «18» сентября 2025 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.21 принял решение присудить Шитоеву Ивану Дмитриевичу учёную степень кандидата технических наук (протокол заседания № 9).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 11 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 16 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 10, против присуждения ученой степени – 1, не участвующих в голосовании – 0.

Председательствующий,
заместитель председателя
диссертационного совета
Д ПНИПУ.05.21,
д-р экон. наук, профессор

 / Файзрахманов Рустам Абубакирович /

Учёный секретарь
диссертационного совета
Д ПНИПУ.05.21,
канд. экон. наук, доцент

 / Алексеев Александр Олегович /

«26» сентября 2025 г.