

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 002.199.01 НА БАЗЕ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКОГО ИНСТИТУТА  
ИНФОРМАТИКИ И АВТОМАТИЗАЦИИ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК  
ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета 29.09.2015 г. № 3

О присуждении Аксенову Алексею Юрьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Модели и методы обработки и представления сложных пространственных объектов» по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)» принята к защите 23 июля 2015 года, протокол № 3 диссертационным советом Д 002.199.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской Академии Наук, 199178, Россия, Санкт-Петербург, 14 линия ВО, дом 39, утвержден приказом Рособнадзора номер 2472-618 от 8 октября 2010 года.

Соискатель Аксенов Алексей Юрьевич 1978 года рождения в 2001 году окончил «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.Ульянова (Ленина)», факультет компьютерных технологий и информатики по специальности «вычислительные машины, комплексы, системы и сети». Закончил очную аспирантуру СПИИРАН в 2004 году. Работая по настоящее время в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Санкт-Петербургском институте информатики и автоматизации Российской академии наук (СПИИРАН) в лаборатории автоматизации научных исследований в должности младшего научного сотрудника, подготовил диссертацию на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация выполнена в лаборатории автоматизации научных исследований Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-

Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук.

**Научный руководитель** – доктор технических наук Кулешов Сергей Викторович, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Санкт-Петербургский институт информатики и автоматизации Российской академии наук, лаборатория автоматизации научных исследований, ведущий научный сотрудник.

**Официальные оппоненты:**

Дегтярев Владимир Михайлович, доктор технических наук, профессор, Федеральное государственное образовательное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича», кафедра «Информатики и компьютерного дизайна», профессор кафедры;

Петерсон Максим Владимирович, кандидат технических наук, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики» (Университет ИТМО), кафедра компьютерной фотоники и видеоинформатики, ассистент кафедры дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (ФГАОУ ВО «СПбПУ»), г. Санкт-Петербург, в своем положительном заключении, подписанном Шкодыревым Вячеславом Петровичем, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Системы и технологии управления», Потехиным Вячеславом Витальевичем, кандидатом технических наук, доцентом, доцентом кафедры «Системы и технологии управления» и утвержденном Остапенко О.Н., проректором по научной работе, указала, что в целом диссертационная работа А. Ю. Аксенова представляет собой завершенную научно-исследовательскую работу, выполненную на актуальную тему, отличается научной новизной и практической значимостью полученных результатов. Автором в диссертации сформулирована и решена научно-техническая проблема представления и сжатия 3D-данных. Основные этапы работы, выводы и результаты представлены в автореферате, который достаточно полно отражает

содержание диссертации. По материалам диссертационной работы опубликовано 11 научных работ, в том числе 6 в периодических журналах, рекомендованных ВАК. Тематика диссертации, формулировка ее целей, научной новизны и областей применения полученных результатов подтверждают соответствие диссертации специальности 05.13.01. Диссертационная работа отвечает критериям «Положения о порядке присуждения ученых степеней» и соответствует требованиям ВАК при Минобрнауки России, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Аксенов Алексей Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.01 – «Системный анализ, управление и обработка информации (технические системы)».

Соискатель имеет 11 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 6 работ в рецензируемых научных изданиях, рекомендуемых ВАК при Минобрнауки России. Наиболее значительные работы по теме диссертации:

1. **Аксенов, А.Ю.** Метод эффективного представления 3D-данных, полученных в результате 3D-сканирования / А.Ю. Аксенов, В.В. Александрова, А.А. Зайцева // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2014. – №6. – С. 20-25.
2. **Аксенов, А.Ю.** Исследование применимости существующих методов сжатия к 3D-видео данным / А.Ю. Аксенов // Труды СПИИРАН. – 2013. – Выпуск 4(27). – С. 73-80.
3. **Аксенов, А.Ю.** Ассоциативно-пирамидальное представление данных. / С.В. Кулешов, А.А. Зайцева, А.Ю. Аксенов // Информационно-измерительные и управляющие системы – 2008. – №4, т.6. – С. 14–17.
4. **Аксенов, А.Ю.** Идентификация факта компрессии с потерями в процессе обработки изображений / С.В. Кулешов, А.Ю. Аксенов, А.А. Зайцева // Труды СПИИРАН. – 2007. – Вып. 5. – С. 60–65.
5. **Aksenov, A.** Spatiotemporal Video Representation and Compression / S. Kuleshov, A. Zaytseva, A. Aksenov // Pattern Recognition and Image Analysis. – 2013. – Vol. 23, No. 1. – p.87 (индексируется в системе Scopus).

На автореферат диссертации поступило 5 отзывов, все отзывы положительные:

1) Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им В.И.Ульянова (Ленина)» (СПб ГЭТУ «ЛЭТИ»). Отзыв составил профессор кафедры автоматизированных систем обработки информации и управления, доктор технических наук, профессор Копыльцов А.В. Замечания: 1. В автореферате не дается обоснование выбора размера блока  $8 \times 8 \times 8$  точек (рисунок 8). 2. Для обозначения преобразования трехмерной структуры данных в одномерную в разных местах автореферата автор использует различные обозначения:  $3D \rightarrow 1D$  и  $R^3 \rightarrow R^1$ .

2) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт проблем машиноведения Российской академии наук. Отзыв составил заведующий лабораторией Интеллектуальных электромеханических систем, доктор технических наук, профессор Городецкий А.Е. Замечания: 1. В автореферате довольно кратко представлено описание разработанного алгоритма компрессии 3D-данных, что затрудняет понимание практической реализации. 2. Также в автореферате отсутствуют сведения о технических характеристиках системы «3D-сканер—программное обеспечение сканера», используемой для апробации системы сжатия облаков точек.

3) Акционерное общество «Научно-производственное предприятие «Радар ммс». Отзыв составил к.т.н. Миронов О.С. Замечания: 1. Что понимается под группой алгоритмов сжатия LZxx (страница 17 автореферата). 2. Не рассматривается возможность применения разработанных методов для других моделей сканеров и соответствующих ПОС.

4) Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет технологии и дизайна». Отзыв составил заведующий кафедрой информационных технологий, доктор технических наук, профессор Пименов В.И. Замечания: 1. В третьей главе упоминается о различных режимах работы предлагаемого метода (вариант алгоритма с использованием ЗПК с групповым кодированием без энтропийного сжатия, вариант алгоритма с использованием ЗПК с энтропийным сжатием без группового кодирования, вариант алгоритма с использованием ЗПК с энтропийным сжатием после группового кодирования), но не

упоминается, почему выбраны именно такие режимы для оценки эффективности метода. 2. В описании четвертой главы упоминается об исследовании характеристик и свойств технической системы «3D-сканер — программное обеспечение сканера — система компрессии», но не приводится список этих характеристик.

5) Федеральное государственное бюджетное учреждение науки институт аналитического приборостроения Российской академии наук. Отзыв составил старший научный сотрудник, кандидат физико-математических наук Федоров А.А. Замечания: 1. В третьей главе упоминается о различных режимах работы предлагаемого метода (вариант алгоритма с использованием ЗПК с групповым кодированием без энтропийного сжатия, вариант алгоритма с использованием ЗПК с энтропийным сжатием без группового кодирования, вариант алгоритма с использованием ЗПК с энтропийным сжатием после группового кодирования), но не упоминается, почему выбраны именно такие режимы для оценки эффективности метода. 2. В описании четвертой главы упоминается об исследовании характеристик и свойств технической системы «3D-сканер — программное обеспечение сканера — система компрессии», но не приводится список этих характеристик.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что д.т.н., профессор, Дегтярев В.М. является известным ученым в области компьютерной обработки изображений и сигналов, представления многомерных описаний моделей сложных пространственных объектов, разработки интеллектуальных автоматизированных систем; к.т.н. Петерсон М.В. – ведущий ученый в области компьютерной обработки изображений и оптоэлектронной обработки информации и компактного представления объектов на основе принципа минимальной длины; ведущая организация, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого» (ФГАОУ ВО «СПбПУ»), является известной как в России, так и за рубежом своими научными и исследовательскими достижениями в области компьютерных и информационных технологий, систем управления.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** метод динамического масштабирования трехмерного пространства облаков точек и их переупорядочения в битовый поток, отличающийся способностью сохранять локальные области трехмерных пространств, что позволяет эффективно применять методы группового кодирования для уменьшения битового объема; новая модель представления трехмерных пространственных объектов, использующая упорядоченное одномерное представление облаков точек на основе заполняющей пространство кривой, и метод динамического разбиения и масштабирования трехмерного пространства облаков точек, учитывающий специфику технологии бесконтактного оптического трехмерного сканирования; алгоритм сжатия трехмерных данных с 3D-сканера, отличающийся применением заполняющей пространство кривой для переупорядочения облаков точек; интерактивная система сжатия облаков точек, отличающаяся применением динамического разбиения и масштабирования трехмерного пространства и заполняющей пространство кривой;

**предложены** метод и алгоритм компрессии для эффективного представления 3D-объектов, учитывающий особенности 3D-сканирования и предназначенный для повышения компактности их хранения в цифровых хранилищах, а также для упрощения передачи объемных данных по каналам связи;

**доказана** перспективность и эффективность использования разработанных методов и алгоритмов для представления и передачи пространственных данных, полученных при 3D-сканировании (в 2 и более раз по сравнению с аналогами, являющимися отраслевым стандартом);

**введены** новые термины и определения, позволяющие раскрыть суть нового подхода к представлению и обработке 3D-данных.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

**доказана** возможность повышения эффективности представления 3D-данных, полученных в результате трехмерного сканирования, за счет переупорядочения облака точек в битовый поток, имеющий упорядоченную структуру, обеспечивающую эффективное вторичное сжатие;

**применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов)**

**использованы** методы компьютерной графики, 3D-моделирования, теория множеств и отношений;

**изложены** подходы к построению комплексных решений для оптимизации цифрового представления сложного пространственного объекта;

**раскрыты** пути по совершенствованию методов представления 3D-сканов материальных объектов в процессе опытно-конструкторской деятельности;

**изучены** и проанализированы современное состояние и возможности технических систем получения, представления и сжатия пространственных данных; существующие подходы, алгоритмы и методы сжатия трехмерных данных, применяемые в различных задачах;

**проведена модернизация** существующих моделей представления пространственных объектов, за счет использования упорядоченного одномерного представления облаков точек на основе заполняющей пространство кривой.

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

**разработаны и внедрены (указать степень внедрения)** следующие результаты диссертационной работы:

1) Алгоритм сжатия трехмерных данных с 3D-сканера, отличающийся применением заполняющей пространство кривой для переупорядочения облаков точек и интерактивная программная система для работы с облаками точек, полученными с помощью 3D-сканера, и их обработки. Внедрены в деятельность Федерального государственного бюджетного учреждения науки Санкт-Петербургского института информатики и автоматизации Российской академии наук при выполнении НИР «Разработка методологии комплексного мониторинга инфокоммуникационных ресурсов в распределенных сложноорганизованных системах», выполняемой в рамках Программы «Научные основы создания гетерогенных телекоммуникационных и локационных систем и их элементной базы» для сокращения затрат на проведение опытно-конструкторских и научно-исследовательских работ.

2) Модель представления пространственных объектов, использующая упорядоченное одномерное представление облаков точек на основе заполняющей пространство кривой, и метод динамического разбиения и масштабирования

пространства облаков точек, учитывающий специфику технологии бесконтактного оптического трехмерного сканирования, использованы при выполнении ряда научно-исследовательских работ в Федеральном государственном унитарном предприятии «Государственный научно-исследовательский институт прикладных проблем» для оптимизации процессов выполнения операций быстрого прототипирования, создания банков 3D-объектов в процессе опытно-конструкторской деятельности.

**определены** практические перспективы использования полученных результатов диссертации в системах оцифровки предметов культуры и искусства, системы быстрого прототипирования в конструкторских бюро, занимающихся двигателестроением, авиастроением и космической тематикой, а также в качестве эксперимента, в составе мобильных археологических групп и реставрационных лабораторий;

**создана** интерактивная система сжатия цифрового представления пространственных объектов, полученных в результате трехмерного сканирования, отличающаяся применением динамического разбиения и масштабирования пространства и заполняющей пространство кривой;

**представлены** предложения и направления научных исследований для дальнейшего совершенствования методов представления, обработки и сжатия многомерных данных.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

**для экспериментальных работ** воспроизводимость результатов многократных экспериментов, выполненных на современном сертифицированном оборудовании; достоверность полученных решений проблемы представления 3D-данных; однозначность и корректность восстановления сжатых предложенными алгоритмами данных;

**элементы теории** построены на известных принципах, проверенных данных и фактах с использованием современных известных и апробированных методов исследования, согласуется с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации;

**идея** представления пространственных объектов **базируется** на анализе работ отечественных и зарубежных исследователей в области компьютерной обработки

изображений и многомерных данных и методов сжатия; на обобщении передового опыта в этой области;

**использованы** труды отечественных и зарубежных ученых в таких областях, как компьютерная обработка изображений и сигналов, оптоэлектронная обработка информации, сжатие многомерных данных, системное программирование и проектирование информационных систем;

**установлено**, что выполненные автором компьютерные эксперименты подтверждают эффективность предложенного метода переупорядочения облака точек в битовый поток, имеющий упорядоченную структуру, обеспечивающую эффективное вторичное сжатие, и последующей компрессии этого потока;

**использованы** современные технические средства 3D-сканирования, современные методики подготовки данных их обработки.

Личный вклад соискателя состоит в разработке метода динамического масштабирования пространства облаков точек и их переупорядочения в битовый поток; модели представления пространственных объектов, использующей упорядоченное одномерное представление облаков точек на основе заполняющей пространство кривой; алгоритма сжатия трехмерных данных; анализе современного состояния объекта и предмета исследования, апробации результатов исследования, проведении вычислительных экспериментов и подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет считает, что Аксенов А.Ю. в своей диссертационной работе решил задачу представления и обработки 3D-данных, имеющую большое значение для развития инфокоммуникационных технологий в области компьютерного моделирования и быстрого прототипирования.

На заседании 29.09.2015 г. диссертационным советом сделан вывод о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, соответствует п.9 Положения о присуждении ученых степеней, и принято решение присудить Аксену Алексею Юрьевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 26 человек, из них 7 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации,

участвовавших в заседании, из 23 человек, входящих в состав совета, проголосовали:  
за 22, против нет, недействительных бюллетеней 1.

Председатель

диссертационного совета

Юсупов Рафаэль Мидхатович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Фаткиева Роза Равильевна

29.09.2015 г.