

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.08, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 04 апреля 2019 года публичной защиты диссертации Дружинина Дениса Вячеславовича «Алгоритмическое и программное обеспечение сжатия без потерь видеоданных графического интерфейса пользователя» по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Присутствовали 19 из 21 членов диссертационного совета, из них 6 докторов наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей (технические науки):

1. Поддубный В. В., доктор технических наук, профессор, председатель диссертационного совета, 05.13.18 (технические науки);
2. Сущенко С. П., доктор технических наук, профессор, заместитель председателя диссертационного совета, 05.13.11 (технические науки);
3. Лившиц К. И., доктор технических наук, профессор, исполняющий обязанности ученого секретаря диссертационного совета, 05.13.18 (технические науки);
4. Бубенчиков А. М., доктор физико-математических наук, профессор, 05.13.18 (физико-математические науки);
5. Воробейчиков С. Э., доктор физико-математических наук, доцент, 05.13.18 (физико-математические науки);
6. Горцев А. М., доктор технических наук, профессор, 05.13.18 (технические науки);
7. Домбровский В. В., доктор технических наук, профессор, 05.13.18 (технические науки);

8. Замятин А. В., доктор технических наук, доцент, 05.13.11 (технические науки);
9. Змеев О. А., доктор физико-математических наук, профессор, 05.13.11 (технические науки);
10. Кистенёв Ю. В., доктор физико-математических наук, профессор, 05.13.18 (физико-математические науки);
11. Костюк Ю. Л., доктор технических наук, профессор, 05.13.18 (технические науки);
12. Кошкин Г. М., доктор физико-математических наук, профессор, 05.13.18 (физико-математические науки);
13. Матросова А. Ю., доктор технических наук, профессор, 05.13.11 (технические науки);
14. Моисеев А. Н., доктор физико-математических наук, доцент, 05.13.18 (физико-математические науки);
15. Нагорский П. М., доктор физико-математических наук, профессор, 05.13.18 (физико-математические науки);
16. Назаров А. А., доктор технических наук, профессор, 05.13.11 (технические науки);
17. Смагин В. И., доктор технических наук, профессор, 05.13.18 (технические науки);
18. Тарасенко В. Ф., доктор технических наук, доцент, 05.13.11 (технические науки).
19. Янковская А. Е., доктор технических наук, профессор, 05.13.18 (технические науки).

Заседание провел председатель диссертационного совета доктор технических наук, профессор Поддубный Василий Васильевич.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить Д. В. Дружинину ученую степень кандидата технических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.08,
созданного на базе федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____**

решение диссертационного совета 04.04.2019 № 195

О присуждении **Дружинину Денису Вячеславовичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация **«Алгоритмическое и программное обеспечение сжатия без потерь видеоданных графического интерфейса пользователя»** по специальности **05.13.11** – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей принята к защите 20.12.2018 (протокол заседания № 191) диссертационным советом Д 212.267.08, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012).

Соискатель **Дружинин Денис Вячеславович**, 1986 года рождения.

В 2008 г. соискатель окончил государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

В 2011 г. очно окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности младшего научного сотрудника в учебно-научной лаборатории программно-аппаратных комплексов автоматизации, по совместительству – в должности ассистента на кафедре теоретических основ информатики в федеральном государственном автономном образовательном

учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре теоретических основ информатики федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, **Замятин Александр Владимирович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», Научно-образовательный центр компьютерных наук и технологий, директор; по совместительству – кафедра теоретических основ информатики, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Спицын Владимир Григорьевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», Отделение информационных технологий, профессор

Турлапов Вадим Евгеньевич, доктор технических наук, доцент, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», кафедра математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий, профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «**Сибирский федеральный университет**», г. Красноярск, в своем положительном отзыве, подписанном **Непомнящим Олегом Владимировичем** (кандидат технических наук, доцент, кафедра вычислительной техники, профессор), указала, что основным направлением решения задач повышения эффективности и надежности процессов обработки

и передачи видеоданных является создание эффективных алгоритмов и программных комплексов для кодирования, сжатия и преобразования потокового видео. В то время как видео графического интерфейса получило широкое распространение среди пользователей персональных компьютеров, подавляющее большинство традиционных алгоритмов предназначены для сжатия камерного видео, которое в существенной мере отличается от видео графического интерфейса, что ограничивает возможности применения к рассматриваемому классу данных алгоритмов сжатия. Известные попытки решения данной проблемы базируются на использовании принципов сжатия дискретно-тоновых изображений или адаптации алгоритмов сжатия камерного видео для видео графического интерфейса. В диссертации Д. В. Дружинина показано, что применение принципа пространственного группового кодирования позволяет существенно повысить степень сжатия видеоданных графического интерфейса в сравнении с известными подходами. Д. В. Дружининым впервые предложены: алгоритм пространственного группового кодирования, отличающийся более полным учётом горизонтальной и вертикальной корреляции пикселей кадра за счёт выявления большего количества пространственных объектов в нём, и обеспечивающий большую степень сжатия GUI-видеоданных по сравнению с аналогами; алгоритм сжатия со сниженной пространственной избыточностью, отличающийся единовременным устранением основных типов пространственной избыточности GUI-видеоданных (частое чередование цветов, одноцветные области, градиентные переходы), и позволяющий существенно увеличить степень сжатия таких данных; алгоритм оценки движения с учётом классификационных признаков, отличающийся способом выбора векторов движения исключительно в наиболее вероятных направлениях перемещения объектов GUI-видеоданных, и превосходящий аналоги в вычислительной эффективности при сохранении высокой степени сжатия и ресурсоэффективности; архитектура кодека сжатия GUI-видеоданных, характеризующаяся наличием подсистемы обработки данных на видеокарте и динамическим подключением модулей сжатия и позволяющая построить программное обеспечение кодека, обеспечивающего высокую степень сжатия данных при высоких показателях

ресурсо- и вычислительной эффективности. Предложенные автором алгоритмы, характеризуются высокой вычислительной эффективностью и позволяют осуществлять сжатие видеоданных графического интерфейса без потерь. Программная реализация алгоритмов позволяет обеспечить высокую степень сжатия дискретно-тоновых графических данных. Значимость работы для производства заключается в создании специализированного программного обеспечения для фиксации и локального сохранения GUI-видеоданных, позволяющего увеличить быстродействие и степень сжатия данных. За счёт низкого уровня использования оперативной памяти и ресурсов центрального процессора, разработанное программное обеспечение может быть использовано для оперативного сжатия GUI-видеоданных на широком спектре аппаратных платформ. Представленные в работе эффективные алгоритмы сжатия дискретно-тоновых изображений могут быть использованы при создании более широкого класса программ, выполняющих обработку дискретно-тоновых графических данных.

Соискатель имеет 16 опубликованных работ, в том числе теме диссертации опубликовано 16 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 3 работы, в прочих научных журналах опубликовано 2 работы, в сборниках материалов международных и всероссийских (в том числе с международным участием) научных и научно-практических конференций опубликовано 10 работ, свидетельство о регистрации программы для ЭВМ получено 1. Общий объём публикаций – 6,87 а.л., авторский вклад – 6,53 а.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значительные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. **Дружинин Д. В.** Комбинированный алгоритм сжатия ключевых кадров экранного видео / Д. В. Дружинин // Вестник Томского государственного

университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2011. – № 3 (16). – С. 67–77. – 0,83 а.л.

2. **Дружинин Д. В.** Комбинированные алгоритмы сжатия ключевых кадров экранного видео / Д. В. Дружинин // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2013. – № 4 (25). – С. 129–136. – 0,65 а.л.

3. **Дружинин Д. В.** Алгоритмы сжатия экранного видео, использующие корреляцию соседних кадров / Д. В. Дружинин // Известия Алтайского государственного университета. – 2014. – № 1/2 (81). – С. 91–95. – DOI: 10.14258/izvasu (2014)1.2-14. – 0,6 а.л.

На автореферат поступили 7 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **А. Ю. Грищенко**, д-р техн. наук, доц., доцент Факультета безопасности информационных технологий Санкт-Петербургского национального исследовательского университета информационных технологий, механики и оптики, *с замечанием*: при тестировании рассматривались преимущественно подклассы дискретно-тоновых изображений, содержащие преимущественно текст и деловую графику, при этом не указаны границы применимости разработанных алгоритмов для прочих подклассов дискретно-тоновых данных, в связи с этим не совсем ясно, насколько эффективно будет работать алгоритм на видеоизображениях, моделирующих реальный мир, где присутствует значительное число полутонов, градиентов и подвижных объектов, например, в программах САПР, виртуальной реальности и др. 2. **Л. Г. Гагарина**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой информатики и программного обеспечения вычислительных систем Национального исследовательского университета «Московский институт электронной техники», *с замечанием*: недостаточно подробно описан существующий алгоритм оценки движения, адаптированный для обработки видеоданных графического интерфейса, который был модифицирован автором с целью уменьшения трудоёмкости. 3. **М. Ю. Катаев**, д-р техн. наук, проф., профессор кафедры автоматизированных систем управления Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники,

с замечаниями: желательным было бы увидеть краткий обзор разработанных математических подходов сжатия и оценки качества сжатия, тем более, что в работе предлагается алгоритм сжатия без потерь; недостаточно полно описан алгоритм отсечения неизменившихся строк и столбцов кадра; в работе приведены результаты, показывающие высокий уровень сжатия, однако условия выполнения этого не поясняются, как и зависимость от вариации видеопотока по содержанию и цвету; не детализирован сценарий использования разработанного кодека.

4. **С. В. Белим**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой информационной безопасности Омского государственного университета им. Ф.М. Достоевского,

с замечанием: недостаточно чётко описан алгоритм классификации движений на три предложенных класса, в связи с чем непонятно, из каких требований, с точки зрения классификации, формировался набор видеоданных для тестирования алгоритма.

5. **А. В. Созыкин**, канд. техн. наук, директор Школы профессионального и академического образования Уральского федерального университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург,

с замечанием: в автореферате указано, что при наличии в составе вычислительной платформы видеокарты, адаптивный алгоритм отсечения неизменившихся областей кадра выполняется на видеокарте, однако не описаны технологии, с помощью которых используются ресурсы видеокарты и непонятно, насколько предложенное решение является переносимым.

6. **Е. В. Бурнаев**, канд. физ.-мат. наук, доцент Центра по научным и инженерным вычислительным технологиям для задач с большими массивами данных Сколковского института науки и технологий, г. Москва,

с замечанием: для алгоритмов сжатия ключевых кадров приводятся данные экспериментальных исследований только для одного набора тестовых данные из пяти.

7. **В. А. Ефремов**, канд. техн. наук, разработчик ООО «КС Групп», г. Томск,

с замечанием: не раскрыта суть упоминаемого несколько раз адаптивного алгоритма отсечения неизменившихся областей кадра.

В отзывах указано, что актуальность темы исследования обусловлена тем, что видео графического интерфейса находит своё применение при создании наглядных материалов, входящих в состав документации к различным приложениям, а также

при описании сценария воспроизведения ошибок в программном обеспечении. Решение задач фиксации и локального сохранения видеоданных графического интерфейса с оперативным сжатием осложняется необходимостью выполнения нескольких условий, включающих минимизацию уровня использования ресурсов центрального процессора, обеспечения высокой степени сжатия и, одновременно, низкого, а в идеале – нулевого, уровня потерь. Д. В. Дружининым разработан ряд алгоритмов сжатия без потерь видеоданных графического интерфейса, обеспечивающих высокую степень сжатия и имеющих низкую (в большинстве случаев – линейную) трудоёмкость; представлена архитектура кодека сжатия видеоданных графического интерфейса и полнофункциональная реализация на её основе. Результаты исследования позволяют существенно повысить эффективность сжатия видеоданных графического интерфейса. Разработанный кодек производит кодирование и декодирование видеоданных графического интерфейса не только с высокой степенью сжатия, но и с низким уровнем использования таких ресурсов системы, как процессорное время и оперативная память, что позволяет применять его в приложениях фиксации и локального сохранения GUI-видеоданных с оперативным сжатием.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **В. Г. Спицын** является известным специалистом в области обработки и сжатия изображений и видеоданных; **В. Е. Турлапов** является высококвалифицированным специалистом в области обработки графических данных; на базе **Сибирского федерального университета** создана научная школа по методам обработки данных дистанционного зондирования Земли, существенную часть которых составляют сложные многомерные изображения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований получены следующие новые научные результаты:

предложен новый алгоритм пространственного группового кодирования для сжатия дискретно-тоновых изображений, отличающийся более полным учётом горизонтальной и вертикальной корреляции пикселей кадра за счёт выявления большего количества пространственных объектов в нём;

предложен оригинальный алгоритм сжатия видеоданных графического интерфейса со сниженной пространственной избыточностью, отличающийся единовременным устранением основных типов пространственной избыточности GUI-видеоданных, и позволяющий существенно увеличить степень сжатия таких данных;

предложен новый алгоритм оценки движения с учётом классификационных признаков, отличающийся способом выбора векторов движения исключительно в наиболее вероятных направлениях перемещения объектов GUI-видеоданных и превосходящий аналоги в вычислительной эффективности при сохранении высокой степени сжатия;

предложена оригинальная архитектура кодека, способного функционировать в низкоприоритетном режиме и предназначенного для сжатия видеоданных графического интерфейса.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

предложенные алгоритмы пространственного группового кодирования со сниженной пространственной избыточностью, оценки движения с учётом классификационных признаков, а также разработанная архитектура кодека позволяют сжимать видеоданные графического интерфейса без потерь с высокой степенью сжатия при высоких показателях вычислительной эффективности за счёт учёта особенностей и устранения основных типов избыточности таких видеоданных.

Значение полученных соискателем результатов для практики подтверждается тем, что:

разработано семейство алгоритмов сжатия без потерь информации видеоданных графического интерфейса, обеспечивающее высокую степень сжатия и вычислительную эффективность;

предложено программное обеспечение кодека сжатия видеоданных графического интерфейса, предъявляющее низкие требования к ресурсам аппаратной платформы и способное функционировать в низкоприоритетном режиме;

разработанный кодек *внедрен* в Югорском Научно-исследовательском институте информационных технологий (г. Ханты-Мансийск) при создании пользовательского приложения для фиксации видео графического интерфейса, а также в компании-разработчике программного обеспечения ООО «Армадэйт» (г. Томск) в качестве самостоятельного программного продукта.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования.

Представленные алгоритмы сжатия графических данных могут применяться при создании широкого класса программных комплексов, предназначенных для обработки дискретно-тоновых графических данных, для фиксации и локального сохранения видеоданных графического интерфейса, а также для мультимедийного общения.

Полученные результаты целесообразно использовать в научно-производственных предприятиях, ориентированных на разработку и выпуск программного обеспечения для высокопроизводительной обработки видеоданных, таких как АО «Научно-производственный центр «Элвис» (г. Зеленоград), АО «Научно-производственное предприятие «Цифровые решения» (г. Москва), АО «Научно-производственное предприятие «Радиосвязь» (г. Красноярск), АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва» (г. Железногорск), ООО «ТауКонсалт» (г. Новосибирск) и других, а также в учебном процессе Томского государственного университета и других вузах страны, где осуществляется подготовка специалистов в области обработки информации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность результатов исследования обеспечивается применением методов теории сжатия информации, теории обработки изображений, теории алгоритмов и математической статистики; согласованностью результатов, полученных при аналитическом сравнении алгоритмов, с результатами многочисленных компьютерных экспериментов; успешными результатами практической апробации алгоритмического и программного обеспечения.

Личный вклад соискателя состоит в: совместной с научным руководителем постановке цели и задач исследования; самостоятельном получении теоретических результатов; разработке семейства алгоритмов, программного обеспечения кодека сжатия видеоданных графического интерфейса; проведении экспериментальных исследований разработанных алгоритмов и кодека; формулировке выводов по проделанной работе; подготовке публикаций и апробации результатов работы.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9 Положения, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи, заключающейся в разработке алгоритмического и программного обеспечения сжатия без потерь видеоданных графического интерфейса пользователя и имеющей значение для развития теории сжатия.

На заседании 04.04.2019 диссертационный совет принял решение присудить **Дружинину Д. В.** ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.13.11 – Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей (технические науки), из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовал: за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета



Поддубный Василий Васильевич

И.о. ученого секретаря

диссертационного совета

Лившиц Климентий Исаакович

04.04.2019