

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.12, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 27 января 2016 года публичной защиты диссертации Титкова Владимира Викторовича «Повышение быстродействия и помехоустойчивости алгоритмов оценки деформации методом корреляции цифровых изображений» по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации) на соискание ученой степени кандидата технических наук.

Время начала заседания: 10-30.

Время окончания заседания: 13-30.

На заседании присутствовали 16 из 21 члена диссертационного совета, в том числе 6 докторов технических наук по специальности 05.13.01 - Системный анализ, обработка информации и управление (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации):

№	Ф.И.О.	Ученая степень	Специальность в совете
1.	Горцев А. М., председатель	доктор технических наук	05.13.01
2.	Тарасенко П. Ф., ученый секретарь	кандидат физико-математических наук	05.13.01
3.	Букреев В. Г.	доктор технических наук	05.13.01

4.	Васильев В. А.	доктор физико-математических наук	05.13.01
5.	Воробейников С. Э.	доктор физико-математических наук	05.13.01
6.	Дмитренко А. Г.	доктор физико-математических наук	05.13.01
7.	Дмитриев Ю. Г.	доктор физико-математических наук	05.13.01
8.	Китаева А. В.	доктор физико-математических наук	05.13.01
9.	Конев В. В.	доктор физико-математических наук	05.13.01
10.	Кошкин Г. М.	доктор физико-математических наук	05.13.01
11.	Лившиц К. И.	доктор технических наук	05.13.01
12.	Рожкова С. В.	доктор физико-математических наук	05.13.01
13.	Смагин В. И.	доктор технических наук	05.13.01
14.	Спицын В. Г.	доктор технических наук	05.13.01
15.	Удод В. А.	доктор технических наук	05.13.01
16.	Шумилов Б. М.	доктор физико-математических наук	05.13.01

Заседание провел председатель диссертационного совета доктор технических наук, профессор Горцев Александр Михайлович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 16, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить В. В. Титкову ученую степень кандидата технических наук.

Заключение диссертационного совета Д 212.267.12
на базе федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства образования и науки Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27.01.2016 г., № 165

О присуждении **Титкову Владимиру Викторовичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация **«Повышение быстродействия и помехоустойчивости алгоритмов оценки деформации методом корреляции цифровых изображений»** по специальности **05.13.01** – Системный анализ, управление и обработка информации (в отраслях информатики, вычислительной техники и автоматизации) принята к защите 11.11.2015 г., протокол № 162, диссертационным советом **Д 212.267.12** на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 798-745/69 от 13.04.2007 г.).

Соискатель **Титков Владимир Викторович**, 1989 года рождения.

В 2011 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники».

В 2014 году соискатель очно окончил аспирантуру федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук.

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории механики полимерных композиционных материалов в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте физики прочности и материаловедения

Сибирского отделения Российской академии наук Федерального агентства научных организаций.

Диссертация выполнена в лаборатории механики полимерных композиционных материалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук Федерального агентства научных организаций.

Научный руководитель – доктор технических наук, **Панин Сергей Викторович**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, заместитель директора по научной работе; лаборатория механики полимерных композиционных материалов, заведующий лабораторией.

Официальные оппоненты:

Калайда Владимир Тимофеевич, доктор технических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра оптико-электронных систем и дистанционного зондирования, профессор

Воскобойников Юрий Евгеньевич, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин)», кафедра прикладной математики, заведующий кафедрой

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт систем информатики им. А.П. Ершова Сибирского отделения Российской академии наук**, г. Новосибирск, в своем положительном заключении, подписанном **Касьяновым Виктором Николаевичем** (доктор физико-математических наук, профессор, лаборатория конструирования и оптимизации программ, заведующий лабораторией), указала, что разработка быстродействующих, помехоустойчивых алгоритмов,

позволяющих с высокой точностью проводить оценку деформации на поверхности материалов, является актуальной научно-технической проблемой. Одной из наиболее значимых проблем при оценке деформации методом корреляции цифровых изображений является присутствие искажений и разрывов в поле перемещений, что обуславливает возникновение ошибок при определении деформации. Рассмотренный в диссертации В.В. Титкова корреляционный метод оценки деформации нагруженных материалов позволяет бесконтактным образом количественно исследовать процессы деформации и разрушения с пространственным разрешением до нескольких микрон. Практическая значимость работы В. В. Титкова заключается в реализованном алгоритмическом и программном обеспечении для построения полей векторов перемещений и расчета компонент деформации, обеспечивающем кратное снижение вычислительных затрат, повышение помехоустойчивости и возможность автоматического выбора расчетных параметров функционирования алгоритмов. Результаты проведенных исследований могут быть использованы при разработке систем технического зрения для оценки перемещений и деформаций материалов и при разработке систем встроенного контроля состояния элементов конструкций.

Соискатель имеет 29 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 28 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 7, свидетельств об официальной регистрации программ для ЭВМ – 4, публикаций в сборниках материалов международных и всероссийских научных конференций – 17. Общий объем работ – 4,26 п.л., авторский вклад – 3,21 п.л.

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

1. Панин С. В. Исследование эффективности алгоритмов фильтрации векторных полей при оценке деформации материалов методом корреляции цифровых изображений / С. В. Панин, **В. В. Титков**, П. С. Любутин // Автометрия. – 2013. – Т. 49, № 2. – С. 57–67. – 0,55 / 0,47 п.л.

2. Панин С. В. Снижение вычислительных затрат с применением алгоритма трехмерного рекурсивного поиска при построении векторов перемещений в оптическом методе оценки деформации / С. В. Панин, **В. В. Титков**, П. С. Любутин // Вычислительные технологии. – 2013. – Т. 18, № 5. – С. 91–101. – 0,60 / 0,51 п.л.

3. Панин С. В. Инкрементный подход к определению перемещений фрагментов изображений при построении векторных полей / С. В. Панин, **В. В. Титков**, П. С. Любутин // Автометрия. – 2014. – Т. 50, № 2. – С. 39–49. – 0,64 / 0,54 п.л.

На автореферат поступили 7 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **А.П. Владимиров**, д-р техн. наук, проф., старший научный сотрудник лаборатории технической диагностики Института машиноведения УрО РАН, г. Екатеринбург, *с замечаниями*: нет определения величин x_{ij} , x_{ki} , y_{ij} , y_{ki} ; не поясняется, как определяли контраст участка изображения. 2. **И.Ф. Головнев**, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник лаборатории «Физика быстропротекающих процессов» Института теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН, г. Новосибирск, *без замечаний*. 3. **Р.М. Рогатынский**, д-р техн. наук, проф., проректор по научной работе Тернопольского национального технического университета имени Ивана Пулюя, и **И.В. Коноваленко**, канд. техн. наук, доц., доцент кафедры автоматизации технологических процессов и производств Тернопольского национального технического университета имени Ивана Пулюя, *с замечаниями*: не совсем понятно, какова точность предложенных методов, и как ее можно определить для различных условий нагружения объекта; не описаны ограничения метода по однородности освещенности анализируемых объектов, градиенту шероховатости поверхности и т.д.; не указана размерность величины h ; отсутствует количественный анализ влияния пост-корректировки полей векторов перемещений на конечный результат расчетов. 4. **А.А. Светлаков**, д-р техн. наук, проф., профессор кафедры электронных средств автоматизации и управления Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники, *без замечаний*. 5. **В.Э. Вильдеман**, д-р физ.-мат. наук, проф., профессор кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций», директор Центра экспериментальной механики Пермского национального исследовательского политехнического университета, *с замечанием*: из текста автореферата не ясно, в чем заключается принципиальное отличие и преимущество предложенного в данной

работе алгоритма определения векторов перемещений от известного инкрементального подхода. 6. **А.А. Шанявский**, д-р техн. наук, начальник отдела «Металлофизические исследования авиационных материалов» Государственного центра «Безопасность полетов на воздушном транспорте», г. Москва, *без замечаний*. 7. **И.А. Пантелеев**, канд. физ.-мат. наук, научный сотрудник лаборатории физики основ прочности Института механики сплошных сред УрО РАН, г. Пермь, и **О.А. Плехов**, д-р физ.-мат. наук, заместитель директора по науке Института механики сплошных сред УрО РАН, г. Пермь, *с замечаниями*: отсутствует описание математического или алгоритмического аппарата инкрементального подхода; не ясно, какая мера подобия использовалась при расчётах, соответствующих рис. 5; не указывается, для борьбы с шумами какого происхождения используются комбинированные векторные фильтры и отсутствуют требования к объекту и условиям съемки, предъявляемые используемыми разработанными алгоритмами; не рассмотрен вопрос о возможности обобщения разработанных алгоритмов на случай стереосъемки. 8. **О.В. Башков**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Материаловедение и технологии новых материалов» Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета, *с замечанием*: недостаточно полно представлены результаты работы по пятой главе диссертации о степени решения проблемы искажения поверхности и неоднородности освещения, возникающие на изображении.

Авторы отзывов на автореферат отмечают, что в работе развиваются методы повышения точности и информативности комплексной оценки состояния современных материалов в условиях силового воздействия, поэтому тема диссертационной работы является актуальной как с позиции практического использования, так и с точки зрения развития вычислительных алгоритмов обработки и анализа оптического потока в рамках задач оценки деформаций. Автором получен ряд новых научных результатов: предложен алгоритм расчета перемещений, основанный на анализе состояния одного и того же изменяющегося во времени, в условиях силового воздействия, участка поверхности; усовершенствована методика автоматического выбора размера площадки корреляции; проведена успешная апробация предлагаемых подходов для оценки локализации деформаций. Полученные результаты имеют важное научное и практическое значение для

повышения точности оценки деформаций, прежде всего в условиях ее локализации в конструкционных материалах и изделиях ответственного назначения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **В.Т. Калайда** является специалистом по методам, моделям и программно-алгоритмическому обеспечению распределенных вычислительных систем для задач обработки и анализа изображений; **Ю.Е. Воскобойников** является специалистом в области фильтрации сигналов и изображений; **Институт систем информатики им. А.П. Ершова СО РАН** является одним из ведущих научно-исследовательских центров России, в котором работают высококвалифицированные специалисты по теоретическим основаниям информатики, методам и инструментам построения программ повышенной надежности и эффективности.

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

разработан модифицированный алгоритм определения перемещений участков изображения поверхности материалов, основанный на слежении за одним и тем же изменяющимся во времени участком поверхности;

предложен новый способ построения векторного поля, отличающийся от известных одновременным использованием трехмерного рекурсивного и иерархического поисков смещений, а также применением инкрементального способа построения векторного поля;

доказано, что предлагаемые в работе алгоритмы позволяют увеличить помехоустойчивость и быстродействие построения векторов и оценки деформации на поверхности материалов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

предложен критерий, учитывающий погрешность оценки перемещений и погрешность вычисления производных (численного дифференцирования), применение которого позволило решить задачу автоматического выбора величины шага сетки при изменении характера перемещений на векторном поле;

предложены численные характеристики автокорреляционной функции, анализ значений которых позволяет решить задачу выбора размера площадки корреляции.

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

разработано программное обеспечение для построения полей векторов перемещений и оценки деформации, обеспечивающее кратное снижение вычислительных затрат, повышение помехоустойчивости и возможность автоматического выбора расчетных параметров функционирования алгоритмов.

На разработанный комплекс программ получены 4 свидетельства о регистрации программ для ЭВМ в Роспатенте. Результаты диссертационного исследования используются в учебном процессе на кафедре материаловедения в машиностроении Института физики высоких технологий Национального исследовательского Томского политехнического университета при подготовке образовательных дисциплин «Мониторинг состояния и контроль надежности материалов и изделий» и «Диагностика материалов» для магистров.

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Результаты диссертационной работы могут быть использованы учреждениями, занимающимися исследованиями процессов деформации и разрушения конструкционных материалов с применением оптических методов, основанных на корреляционных способах анализа последовательностей изображений и требующих повышения помехоустойчивости и быстродействия, а также в организациях, область деятельности которых заключается в разработке новых и совершенствовании существующих методов и средств анализа обработки информации (изображений), повышении эффективности надежности и качества технических систем. Основной областью применения результатов диссертационной работы представляется проведение контроля механического состояния деталей машин и элементов конструкций.

Оценка достоверности результатов выявила, что:

экспериментальные результаты подтверждаются стабильной воспроизводимостью результатов обработки модельных и экспериментальных данных; проведением исследований на достаточно многообразном наборе

