

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

**доктора технических наук Турлапова Вадима Евгеньевича
на диссертационную работу БОКОВА Александра Александровича
«Исследование и разработка алгоритмов восстановления фона в задаче
преобразования видео в стереоскопический формат»,
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических
наук по специальности 05.13.11 - «Математическое и программное обеспечение
вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»**

Актуальность темы. Конвертация фильмов в стереоскопический формат остается на сегодняшний день крайне трудоемкой процедурой. Диссертационная работа А.А. Бокова «Исследование и разработка алгоритмов восстановления фона в задаче преобразования видео в стереоскопический формат» посвящена исследованию и разработке нового решения проблемы заполнения областей открытия при восстановлении фона за объектами переднего плана, которое бы позволило увеличить степень автоматизации процесса преобразования видео в стереоскопический формат. В работе проведено всестороннее содержательное исследование проблемы восстановления фона в задаче преобразования видео в стереоскопический формат. Восстановление фона является ключевой задачей процесса преобразования видео в стереоскопический формат. Восстановление фона реализуется путем заполнения областей открытия, возникающих в ходе построения целевого кадра, путем переноса фрагментов изображения фона, расположенных за объектами переднего плана. При этом существующие методы оценки качества видео неполно и неточно отражают особенности визуального восприятия восстановленного фона, а алгоритмы восстановления фона в видео решают эту задачу как задачу оптимизации сразу по всем кадрам, что приводит к чрезмерно высокой вычислительной сложности в условиях отсутствия общепринятой методики оценки качества. В итоге, актуальной является не только задача разработки нового алгоритма восстановления фона с более низкой вычислительной сложностью, но и, прежде того, задача выработки специализированной методики оценки качества восстановленного фона.

Содержание работы. Текст диссертации состоит из введения, трех глав и заключения. Полный объем текста составляет 110 страниц, включая 14 рисунков и 7 таблиц. Список литературы включает 73 наименования.

Во введении обоснована актуальность проведенного в рамках диссертационной работы исследования, сформулирована цель и научная новизна исследования, показана его практическая значимость, сформулированы положения выносимые на защиту.

В изложении глав выбрана схема, в которой обзор источников разделен между главами по их тематике.

Первая глава посвящена решению задачи восстановления фона в видео на основе непараметрической модели движения и покадрового уточнения. После обзора существующих алгоритмов следует описание предлагаемого алгоритма, который опирается на использование непараметрической модели движения фона на основе вычисления оптического потока DeepFlow. Отличительной особенностью предложенной модели является объединение двух традиционных шагов алгоритма (-вычисление оптического потока в известной области; - интерполяция результата в область неизвестного фона) в единую задачу оптимизации. В результате, за счет использования покадрового восстановления фона, удалось качественно понизить пространственную сложность с $O(WHT)$ до $O(WH)$. То есть, объем памяти, используемый предлагаемым алгоритмом, перестал зависеть от количества кадров во входной видеопоследовательности, если не учитывать память, занимаемую входными и выходными данными. Базовый алгоритм покадрового восстановления фона подробно описан. Выполнена экспериментальная оценка предложенного алгоритма на 7 видеопоследовательностях с эталонным восстановленным фоном, по результатам которой он превзошел все 6 алгоритмов, с доступной реализацией, по производительности и качеству. Результаты работы предложенного алгоритма на широком наборе тестовых видеопоследовательностей публично доступны в сети Интернет по адресу http://videocompletion.org/fast_video_completion/.

Вторая глава посвящена методике сравнения алгоритмов восстановления фона в видео принципиальной для глав 1 и 3. Из обзора существующих подходов сделан вывод, что известные методики обладают существенными ограничениями и не предназначены для оценки областей восстановления, имеющих большую пространственную и временную протяженность. В этом случае оценки различия (сходства) с эталоном по норме L2 имеют сравнительно низкую корреляцию с визуальной оценкой эксперта. Предложена методика из двух основных компонент: тестового набора видеопоследовательностей с эталонными изображениями фона и метода сравнения результатов работы алгоритмов с эталоном. Сформулированы и обоснованы требования к тестовому набору данных, подробно описан процесс их подготовки. Предлагаемые функционалы качества основаны на широко

известном индексе структурного подобия SSIM, который измеряет качество изображений/видео посредством сравнения с эталоном на блоках пикселей одинакового размера. Ключевой идеей, позволившей повысить корреляцию с экспертной оценкой является локальный поиск, для каждого блока восстанавливаемого фона, соответствующего ему фрагмента эталона, который максимизирует сходство, вместо сравнения блока с эталоном в той же самой точке. На базе этой идеи локального сходства построен также функционал для оценки временной стабильности восстановленного фона, вместо прежней оценки качества восстановления в отдельных кадрах. Проведена экспериментальная проверка на тех же 7 видеопоследовательностях, продемонстрировавшая превосходство функционалов, основанных на критерии локального сходства, над аналогами. Результаты также представлены на сайте упомянутом выше.

Третья глава посвящена алгоритму построения стереоскопических ракурсов с помощью многослойного восстановления фона, описанного в первой главе. После обзора существующих алгоритмов решения задачи построения стереоскопических ракурсов, дано описание предлагаемого алгоритма восстановления фона, отличающегося от существующих многослойностью представления модели фона, что позволяет точнее восстанавливать фон в областях открытия, возникающих при перекрытии трех и более объектов. Информационное решение алгоритма опирается на наличие карты слоев, которая каждой точке блока ставит в соответствие номер слоя так, что слои с более высоким номером могут перекрывать слои с более низким номером. Предложено обобщение модели движения фона для случая, когда предположение о постоянстве диспаратности между кадрами не выполнено и требуется также моделировать межкадровое изменение диспаратности для каждого слоя. Введен параметр, обеспечивающий гладкость функции межкадрового изменения глубины, которая однозначно связана с диспаратностью. Продемонстрированы преимущества предложенного алгоритма построения стереоскопических ракурсов перед аналогами.

В заключении сформулированы результаты работы, возможности их использования в науке и практике, перспективы дальнейшего развития.

Обоснованность и достоверность полученных научных результатов. Обоснованность диссертационной работы не вызывает сомнений. Предложенный автором подход обоснован теоретически, прошел многоступенчатую и многократную экспериментальную проверку, проверку профессионалами 3D-стерео-индустрии. Корректность работы подхода подтверждена его качественной и количественной

валидацией его работы на реальных данных. Результаты исследования представлены в рецензируемых изданиях, в том числе, входящих в перечень ВАК, докладывались на ведущих международных научных конференциях.

Научная новизна. В своем подходе работа является пионерской и обладает двойной новизной, начинающейся с принципиально нового подхода к оценке качества восстановленного фона: предложены два новых функционала качества, измеряющих локальное сходство с эталоном и постоянство локального сходства с эталоном с течением времени, которые адекватны восприятию фона зрителем и экспертом, и, одновременно позволяют решить ряд проблем неразрешимых в рамках прежних функционалов.

На базе нового подхода к оценке качества реализованы два новых алгоритма, обеспечивающих более высокую производительность вычислений и принципиально новыми возможностями восстановления фона по сравнению с аналогами:

- алгоритм восстановления фона в видео, основанный на покадровом уточнении результата восстановления;
- алгоритм многослойного восстановления фона в видео, который позволяет моделировать изображение фона в областях перекрытия трех и более объектов.

Теоретическая и практическая ценность заключены в следующих результатах:

- 1) задача восстановления фона в стереоформате видео сформулирована в виде задачи покадровой оптимизации, показано, что она сводится к решению набора СЛАУ с разреженной симметричной положительно определенной матрицей;
- 2) предложен новый подход к оценке функционала качества восстановленного фона, измеряющий локальное сходство с эталоном и постоянство локального сходства с эталоном с течением времени, который способен порождать новые алгоритмы восстановления фона, обеспечивающие лучшее визуальное качество и производительность;
- 3) реализованы два новых алгоритма, обеспечивающих более высокую производительность вычислений и новые возможности восстановления фона по сравнению с аналогами: - алгоритм восстановления фона в 3D-видео, основанный на покадровом уточнении результата восстановления; - алгоритм многослойного восстановления фона в видео, который позволяет моделировать изображение фона в областях перекрытия трех и более объектов.
- 4) реализован открытый, для новых участников сравнения алгоритмов восстановления фона в 3D-видео, Интернет-ресурс, доступный в по адресу

<http://videocompletion.org>, в котором представлено разработанное программное обеспечение и база видеопоследовательностей с эталонными изображениями фона.

Полнота публикации результатов работы. Все основные результаты диссертационного исследования, выносимые автором на защиту, достаточно полно отражены в его публикациях. Всего по теме диссертации опубликовано 6 печатных работ, включая 2 статьи в отечественном журнале, входящем в список ВАК, и 4 статьи в зарубежных изданиях, индексируемых Scopus и Web of Science. Содержание и результаты диссертации соответствуют паспорту специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей». Автореферат достаточно полно отражает содержание диссертации и дает представление об актуальности работы, ее цели и задачах, научной новизне полученных результатов и их практической значимости. Результаты прошли апробацию на международных и всероссийских научных конференциях.

В качестве **замечаний** к тексту диссертационной работы стоит отметить следующее:

- 1) Было бы интересно дополнительно увидеть в работе более полный разбор источников, предлагающих алгоритмы, основанные на положениях проективной геометрии.
- 2) Желательно большее присутствие в списке источников классических работ по компьютерному зрению и проективной геометрии.

Заключение. Указанные замечания не снижают ценности работы и являются более рекомендациями по ее развитию. Работа является пионерской в России, а по уровню достигнутых результатов, в области преобразования видео в стереоскопический формат, пионерской и в мире. Полно представлен математический аппарат предложенных алгоритмов. Рассмотренная в работе задача является актуальной. Постановка и метод решения задачи ясно изложены и обоснованы. Результаты работы обладают научной новизной и практической ценностью. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертация А.А.Бокова представляет собой законченную научно-квалификационную работу и содержит решение актуальной задачи эффективного покадрового восстановления фона, которая имеет существенное значение в области методов обработки видео. Считаю, что диссертационная работа в полной мере отвечает требованиям, предъявляемым к диссертациям, выполненным по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства РФ от 24

сентября 2013 г. №842, а ее автор достоин присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Официальный оппонент:

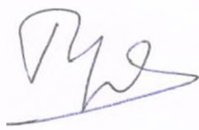
доктор технических наук по специальности 05.01.01 — инженерная геометрия и компьютерная графика), доцент, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского" (ННГУ), профессор кафедры математического обеспечения и суперкомпьютерных технологий Института информационных технологий, математики и механики, руководитель лаборатории компьютерной графики и мультимедиа, руководитель магистерской программы «компьютерная графика и моделирование живых и технических систем»

Адрес организации: 603950, г.Нижний Новгород, пр. Гагарина, д.23, корп. 2, оф. 312

E-mail: vadim.turlapov@itmm.unn.ru

Телефон: +79030408401

18 ноября 2019 г.



Вадим Евгеньевич Турлапов



СВЕДЕНИЯ ОБ ОФИЦИАЛЬНОМ ОППОНЕНТЕ

диссертации Бокова А.А. «Исследование и разработка алгоритмов восстановления фона в задаче преобразования видео в стереоскопический формат» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей

Фамилия, имя, отчество	Турлапов Вадим Евгеньевич
Ученая степень и отрасль науки	доктор технических наук, 05.01.01 - Инженерная геометрия и компьютерная графика.
Ученое звание	доцент
Организация основного места работы	Национальный исследовательский нижегородский университет им. Н.И. Лобачевского
Занимаемая должность	профессор
Почтовый адрес	603950, Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23
Телефон	+7 (831) 462-33-56
Адрес электронной почты	vadim.turlapov@gmail.com

Список основных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях

1. Лебедев, Л.И. Комплексный анализ и мониторинг состояния окружающей среды на основе данных ДЗЗ / Л.И. Лебедев, Ю.В. Ясаков, Т.Ш. Утешева, В.П. Громов, А.В. Борусяк, В.Е. Турлапов // Компьютерная оптика. – 2019. – Т. 43, № 2. – С. 282-296. – DOI: 10.18287/2412-6179-2019-43-2-282-295.
2. Gavrilov N.I., Vasiliev E.P., Khramov I.V., Getmanskaya A.A., Turlapov V.E. Visual analytics and segmentation of color biomedical high resolution cryoimaging scans // Scientific Visualization, (2017) 9 (5), pp.105-116
3. Nosova S., Turlapov V. Parallel 2D Ray Casting Algorithm for Brain Cell Registration with Brodmann's Layer Decomposition from Nissl-stained Mouse Cortex Images // Procedia Computer Science. 2017. С. 215-223.
4. Лачинов Д.А., Белокаменская А.А., Турлапов В.Е. Точный автоматический алгоритм детектирования цефалометрических точек на

КТ-изображениях // 27-я Международная конференция по компьютерной графике и машинному зрению, GraphiCon'2017. Труды, с.275-278

5. Ulyanov D., Bogolepov D., Turlapov V. Interactive vizualization of constructive solid geometry scenes on graphic processors // Programming and Computer Software. 2017. 43(4). С. 258-267.
6. Nosova S., Snopova L., Turlapov V. Automatic detection of neurons, astrocytes, and layers for NISSL-stained mouse cortex // Journal of WSCG 2017, 25(2), с.143-150
7. Vasil'ev, E.P., Belokamenskaja, A.A., Novozhilov, M.M., Turlapov, V.E. A parallel algorithm for 3D reconstruction of internal organs according to imaging based on the active contour model // CEUR Workshop Proceedings (2016) 1576, с. 482-489
8. Белокаменская А.А., Новожилов М.М., Турлапов В.Е. Параллельный алгоритм реконструкции наружной поверхности органа, имеющей неоднородную плотность, на основе лучевого метода //Параллельные вычислительные технологии (ПаВТ'2016). Тр. межд. науч. Конф. 2016. С.758
9. Ulyanov D.Y., Bogolepov D.K., Turlapov V.E. Spatially efficient tree layout for GPU ray-tracing of constructive solid geometry scenes / CEUR Workshop Proceedings (2016) 1576, с. 388-395
10. Gavrilov, N., Turlapov, V. Development of high-performance GPU-based technique for morphological research of biological objects (2015) CEUR Workshop Proceedings, 1482 , p.602
11. Gavrilov, N.I., Turlapov, V.E. Novel approach to development of direct volume rendering algorithms based on visualization quality assessment // Programming and Computer Software, (2014) 40 (4), pp. 174-184. DOI: 10.1134/S0361768814040045.
12. Bogolepov, D., Ulyanov, D., Sopin, D., Turlapov, V. GPU-optimized bi-directional path tracing for modeling optical experiment // Scientific Visualization, (2013) 5 (2), p.1-15.
13. Gavrilov N., Turlapov V. Volume Ray Casting quality estimation in terms of Peak Signal-to-Noise Ratio // 21st International Conference in Central Europe on Computer Graphics, Visualization and Computer Vision, WSCG 2013 – Poster Proceedings. С. 65-68

14. Patrushev, I., Gavrilov, N., Turlapov, V., Semyanov, A. Subcellular location of astrocytic calcium stores favors extrasynaptic neuron-astrocyte communication // Cell Calcium (2013) 54 (5), pp. 343-349. DOI: 10.1016/j.ceca.2013.08.003

 / Турлапов В.Е. /

