

## ОТЗЫВ

официального оппонента, кандидата физико-математических наук Игнатенко Алексея Викторовича на диссертационную работу **БОКОВА Александра Александровича** «Исследование и разработка алгоритмов восстановления фона в задаче преобразования видео в стереоскопический формат», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»

### Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа Бокова А.А. посвящена исследованию задачи преобразования видео в стереоскопический формат. Характерной чертой текущего этапа развития стереокинематографа является преобладание конвертации в стереоскопический формат как основного способа производства стереофильмов, в связи с чем задача обладает высокой актуальностью. Одной из ключевых подзадач задачи преобразования видео в стереоскопический формат является задача заполнения областей открытия, содержащих фрагменты фона, которые скрыты за объектом переднего плана в исходном кадре, но становятся видимыми при изменении ракурса просмотра. Для решения данной задачи требуется проведение восстановления изображения фона, расположенного за объектами переднего плана. Алгоритмы для проведения такого восстановления и являются основным предметом исследования в данной работе. Отсутствие общепринятой методики оценки качества восстановленного фона в видео и сравнительно малое внимание, уделяемое проблеме вычислительной сложности алгоритмов восстановления фона в современных научных работах, дает дополнительную актуальность диссертационной работе Бокова А.А., где особый акцент делается на возможности практического применения разрабатываемых алгоритмов, в том числе киностудиями в ходе производства стереофильмов.

### Оценка содержания диссертации

Диссертация Бокова А.А. состоит из введения, трех глав, заключения и списков литературы, таблиц и рисунков.

Во *введении* описывается область производства стереоскопического видео и обосновывается актуальность задачи преобразования видео в стереоскопический формат. Формулируется цель и аргументируется научная новизна исследований, демонстрируется их практическая значимость и представляются выносимые на защиту научные положения.

В *первой главе* работы автор ставит задачу восстановления фона в видео, описывает ее специфику в сравнении со смежными задачами, такими как восстановление фона в изображениях, а затем проводит обзор известных алгоритмов ее решения. В разделе 1.3 Боков А.А. предлагает новый алгоритм восстановления фона, характеризует его основные отличия от существующих аналогов и подробно описывает его компоненты. В разделе 1.4 приводятся теоретические оценки вычислительной сложности, которые в сочетании с практическими оценками скорости работы из раздела 1.7 позволяют говорить о значительно более низкой вычислительной сложности предложенного алгоритма по сравнению с его

аналогами. А в разделах 1.5 и 1.6 приводятся результаты экспериментов, показавших, что предложенный подход не уступает аналогам как по объективным, так и по экспертным оценкам качества.

*Вторая глава* диссертационной работы посвящена проблеме сравнения результатов различных алгоритмов восстановления фона. В разделе 2.2 проводится обзор существующих подходов к оценке качества в данной области, демонстрируется отсутствие общепринятой методики и обосновывается необходимость разработки новых методов, которые бы лучше коррелировали с экспертными оценками качества. В разделе 2.3 автор приводит детали составленной тестовой выборки с эталонным фоном, а затем описывает построение набора возможных функционалов качества восстановленного фона в разделе 2.4. По результатам сравнения результатов различных функционалов с экспертной оценкой (разделы 2.5 и 2.6) выбирается итоговый набор функционалов, составляющий предложенную автором методику оценки качества восстановленного фона в видео.

В *третьей главе* представлен алгоритм построения стереоскопических ракурсов, использующий предложенный в первой главе алгоритм восстановления фона. По результатам проведенного в разделе 3.2 обзора можно отметить ограничения ранее известных подходов в обработке многоплановых сцен, которые устраняются предложенным автором алгоритмом, описание которого приводится в разделе 3.3. За счет использования дополнительных входных данных предложенный алгоритм позволяет проводить многослойное восстановление фона и, как следствие, корректно обрабатывать области перекрытия трех и более объектов. В разделе 3.4 приведены результаты экспертного сравнения предложенного алгоритма с аналогами.

В *заключении* приведены выводы и анализ результатов проведенного исследования, а также обозначены перспективы дальнейших исследований.

### **Обоснованность и достоверность полученных результатов**

Достоверность результатов подтверждается апробацией работы в рамках ведущих международных конференций, а также детальным описанием проведенных экспериментов и сравнений. Приведенные в работе теоретические построения и оценки являются корректно обоснованными.

### **Научная новизна**

Разработанные в работе Бокова А.А. подходы и алгоритмы являются новыми. Основная новизна работы состоит в следующем:

1. Предложен новый подход к решению задачи заполнения областей открытия, возникающей в ходе преобразования видео в стереоскопический формат, на основе проведения многослойного восстановления фона в видео.
2. Предложен новый алгоритм восстановления фона в видео на базе непараметрической модели движения и покадрового уточнения. В отличие от аналогов, пространственная сложность предложенного алгоритма не зависит от количества кадров во входной видеопоследовательности.

3. Предложена методика оценки качества восстановленного фона, включающая новые функционалы качества, которые превосходят ранее известные по корреляции с экспертной оценкой.

### **Теоретическая и практическая значимость**

Все предложенные автором алгоритмы и функционалы качества были реализованы. На базе предложенной методики оценки качества была создана онлайн-платформа <http://videocompletion.org/>, которой могут воспользоваться другие исследователи в ходе разработки новых алгоритмов восстановления фона для сравнения с уже существующими. Предложенный алгоритм восстановления фона был протестирован на реальных данных из кинофильмов, предоставленных компанией YUVSoft. Разработанные алгоритмы могут быть использованы для улучшения существующих и создания новых программных инструментов, упрощающих процесс конвертации видео в стереоскопический формат путем сокращения требуемого объема ручной работы.

### **Замечания**

Диссертационная работа написана доступным языком и производит положительное впечатление. Однако имеются некоторые замечания к работе:

1. Предложенные алгоритмы предполагают наличие дополнительных входных данных, возможные способы получения которых не всегда обсуждаются достаточно подробно. Например, алгоритм восстановления фона (глава 1) требует наличия кадровой разметки входного видео на объект переднего плана и фон. Аналогично, алгоритм построения стереоскопических ракурсов (глава 3) базируется на использовании карты слоев сцены, которая включает разметку всех основных объектов.
2. Проводимые в работе экспертные сравнения алгоритмов осуществлялись в сети Интернет, где может быть затруднен контроль за многими параметрами эксперимента, такими как размер экрана у респондентов и их расстояние от экрана в ходе просмотра. В тексте работы стоило пояснить данные детали и обосновать выбор именно такого метода проведения экспертных сравнений.
3. В работе утверждается, что разработанный алгоритм восстановления фона в видео может использовать любой алгоритм восстановления фона в отдельных изображениях в качестве базового. В то же время, экспериментальная оценка проводилась с использованием лишь одного алгоритма, предложенного в работе 2012 года. Было бы интересно проанализировать влияние используемого алгоритма восстановления фона в изображениях на качество итогового результата, в том числе с использованием более современных нейросетевых подходов.

Указанные замечания не умаляют ценности проделанной работы и не влияют на ее общую положительную оценку.

### **Заключение**

Содержание и результаты диссертационного исследования соответствует паспорту специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и

компьютерных сетей». Результаты исследования полно представлены в публикациях автора, которые включают 2 статьи в журнале из перечня ВАК и 4 статьи в зарубежных изданиях, индексируемых в Scopus. Текст автореферата полно отражает содержание диссертации. Результаты исследования прошли апробацию на международных научных конференциях.

Диссертация Бокова А.А. представляет собой целостную законченную научно-квалификационную работу, в которой предложено новое решение задачи восстановления фона, которая имеет существенное значение в области технологий обработки видеоданных. Считаю, что диссертационная работа Бокова А.А. в полной мере удовлетворяет всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, и Боков Александр Александрович заслуживает присуждения степени кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.11 – «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей».

Старший менеджер по разработке  
программного обеспечения ООО «Ормко»,  
кандидат физико-математических наук  
«\_18\_» октября 2019 г.



А.В. Игнатенко

E-mail: [alexev.ignatenko@ormco.com](mailto:alexev.ignatenko@ormco.com)

Тел.: +7(495)664-75-55

Адрес организации: 109004, Россия, г. Москва, ул. Станиславского, д. 21, стр. 3

Подпись А.В. Игнатенко заверяю:

*Менеджер по персоналу  
Игнатенко А.В.*



### 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

<b>Фамилия, имя, отчество</b>	Игнатенко Алексей Викторович
<b>Ученая степень и отрасль науки</b>	кандидат физико-математических наук, 05.13.11 - Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей.
<b>Ученое звание</b>	-
<b>Организация основного места работы</b>	ООО «Ормко»
<b>Занимаемая должность</b>	Старший менеджер по разработке программного обеспечения
<b>Почтовый адрес</b>	109004, Москва ул. Станиславского, д. 21, стр. 3
<b>Телефон</b>	+7 (495) 664-75-55
<b>Адрес электронной почты</b>	alexey.ignatenko@ormco.com

### Список основных публикаций по теме диссертации в рецензируемых научных изданиях

1. Pashchenko N.F., Zipa K.S., Ignatenko A.V. An algorithm for the visualization of stereo images simultaneously captured with different exposures // Programming and Computer Software. 2017. Т. 43. № 4. P. 250-257. DOI: 10.1134/S0361768817040077.
2. Zipa K.S., Ignatenko A.V. Algorithms for the Analysis and Visualization of High Dynamic Range Images Based on Human Perception // Programming and Computer Software. 2016. Т. 42. №. 6. P. 367-374.
3. Зипа К. С., Игнатенко А. В., Волобой А. Г. Алгоритм тональной компрессии видеопоследовательностей // Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша. 2016. № 83. С. 1-32.
4. Gruzdev A. M., Frolov V. A., Ignatenko A. V. Practical approach to the fast Monte-Carlo ray tracing // Programming and Computer Software. 2015. Т. 41. №. 5. P. 253-257.

5. Afanasjeva A., Ignatenko A. Sharpness tracking algorithm for stereo microscope // IEEE International Conference on Computational Intelligence and Virtual Environments for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA). – 2015. P. 1-6 DOI: 10.1109/CIVEMSA.2015.7158626

 / Игнатенко А.В. /

Подпись Игнатенко А.В. заверяю.

*Менеджер по персоналу  
Колованова М.А.*

