

**ОТЗЫВ официального оппонента
на диссертацию на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
Лаврушкина Сергея Валерьевича
на тему: «Разработка нейросетевых методов оценки искажений
стереоскопических видео»
по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение
вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей**

Актуальность работы

Диссертационная работа С. В. Лаврушкина посвящена задаче объективной оценке искажений видео в стереоскопическом формате. В последние годы 3D-видео прочно заняло свою нишу в кинопрокате и все чаще встречается в различных медиа. Область стереоскопических технологий постоянно развивается: появляются новые стереофильмы, создаются усовершенствованные системы показа и форматы видео. Однако при производстве стереоконтента нередко недостаточно внимания уделяется контролю качества из-за ограниченных ресурсов и инструментов. В результате в готовом материале могут присутствовать расхождения между левым и правым ракурсами, возникающие по причинам ошибок съемки или обработки. Наличие таких искажений негативно сказывается на восприятии: у зрителей при просмотре возникают дискомфорт и быстрая утомляемость. Следует отметить, что субъективная экспертиза стереоконтента трудозатратна, слабо масштабируется и зависит от условий просмотра. Следовательно, разработка эффективных средств контроля качества стереоскопического видео является насущной задачей для индустрии стереокино и приложений виртуальной реальности (VR). В данной работе для исследования выбраны несколько наиболее распространенных дефектов стереоскопического видео: несоответствие по цвету и резкости между ракурсами, геометрические искажения, а также перепутанные левый и правый ракурсы. Для решения перечисленных задач автор предлагает применять подходы на основе нейронных сетей, позволяющие

автоматизировать оценку и добиться высокой точности. Актуальность темы дополнительно обусловлена широкой распространенностью перечисленных проблем, низкой эффективностью существующих методов оценки стереоискажений и ограниченностью их применения на практике. В работе особенно подчеркивается возможность использования разработанных алгоритмов для анализа качества реальных стереоскопических фильмов, в том числе непосредственно киностудиями на этапе постпроизводства. Для практики постпроизводства важна не только фиксация наличия артефактов, но и их количественная оценка, позволяющая выстраивать приоритизацию исправлений и контролировать качество на разных этапах обработки материала. Кроме того, значительное внимание уделено объективной оценке качества стереоконтента формата VR, поскольку для успешного развития технологий виртуальной реальности необходимо обеспечивать высокое техническое качество 3D-видео.

Обзор содержания

Диссертация состоит из введения, трех глав, приложения, заключения и списка литературы (а также включает списки таблиц и рисунков). Структура работы логично выстроена от постановки задач и анализа существующих решений к разработке моделей и алгоритмов, а затем к экспериментальной верификации и демонстрации прикладного применения на больших наборах данных.

1. Во введении описана область создания стереоскопических видео и обоснована актуальность задачи объективной оценки их искажений. Сформулирована цель исследования, аргументирована научная новизна и показана практическая значимость работы, представлены основные положения, выносимые на защиту.

2. Глава 1 посвящена разработке нейросетевого метода для одновременной оценки цветовых и резкостных искажений между левым и правым ракурсами стереопары. В главе сформулирована постановка задачи, выполнен обзор существующих подходов, описана используемая модель

указанных искажений и предложенный алгоритм их оценки, а также проведена экспериментальная проверка. Разработанный метод продемонстрировал высокую точность и превзошел по этому показателю более ранние решения, применявшиеся для оценки качества полнометражных стереофильмов.

3. Глава 2 описывает нейросетевой метод оценки геометрических искажений между ракурсами стереопары. Структура главы аналогична предыдущей: сформулирована задача, проведен анализ известных алгоритмов и предложен новый оптимизируемый функционал (целевой критерий) для обучения нейросетевого регрессора. Далее подробно изложен разработанный подход и приведены результаты экспериментов. Использование нового функционала позволило значительно повысить точность оценки геометрических искажений по сравнению с существующими методами. Важно, что оценка параметров геометрических расхождений естественным образом связана с последующими процедурами исправления, что усиливает прикладной потенциал результатов.

4. Глава 3 посвящена задаче автоматического обнаружения перепутанных ракурсов (неправильного порядка стереопары). В главе рассмотрены формулировка этой задачи и существующие подходы к ее решению, после чего представлен разработанный нейросетевой метод и оценка его эффективности. Предложенный алгоритм вычисляет вероятность наличия перепутанных ракурсов в сцене и отличается более высокой точностью обнаружения данного артефакта по сравнению с ранее известными решениями.

5. Приложение содержит результаты комплексной объективной оценки технического качества стереоскопических видео формата VR 180 с помощью всех разработанных методов. Автором проанализировано качество 1000 видеоматериалов. Установлено, что значительная часть современного 3D-контента для VR характеризуется низким техническим качеством.

6. В заключении сформулированы основные выводы по проделанной работе, выполнен анализ полученных результатов и определены направления дальнейших исследований.

Научная новизна

Основная научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Предложен оригинальный нейросетевой подход для одновременной объективной оценки цветowych и резкостных искажений в стереоскопическом видео, превосходящий по точности ранее применявшиеся на практике аналоги.

2. Разработан новый оптимизируемый функционал (целевой критерий) для обучения нейросетевых моделей оценки геометрических искажений, использование которого позволило значительно повысить точность соответствующих регрессоров.

3. Создан новый метод на базе нейронных сетей для обнаружения перепутанных ракурсов, вычисляющий вероятность наличия данного артефакта и обеспечивающий более высокую точность по сравнению с известными решениями.

4. Впервые выполнено исследование объективного качества стереоскопического видеоконтента формата VR180 с использованием разработанных методов. Аналогичных по охвату и глубине исследований для данного типа 3D-видео ранее не проводилось.

Обоснование достоверности

Достоверность полученных результатов подтверждается:

1. теоретическим обоснованием предложенных подходов, включая разработку математических моделей рассматриваемых искажений и соответствующих алгоритмов их обнаружения и оценки;

2. комплексными экспериментальными исследованиями как на синтетических тестовых сценах, так и на реальных стереоскопических

видеоматериалах. Эксперименты показали высокую точность разработанных алгоритмов и их превосходство над существующими аналогами;

3. публикацией основных научных результатов и ключевых положений диссертационного исследования в 3 работах, размещенных в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ им. М.В.Ломоносова по специальности 2.3.5 Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей

Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы.

Практическая значимость

Практическая ценность диссертационной работы заключается в том, что предложенные методы реализованы в виде программного инструмента, позволяющего по двум видеопоследовательностям (левый/правый ракурс) получать объективные оценки ключевых искажений стереосъемки. С применением инструмента выполнена оценка стереоскопического качества VR180-контента. По результатам анализа 1000 видео показано наличие как минимум одного вида стереоскопического искажения в каждом из рассмотренных материалов, что подчеркивает прикладную важность автоматизированного контроля качества. Методы, предложенные в диссертации, могут быть непосредственно использованы при создании систем автоматизированного контроля технического качества стереоскопического контента на этапах производства и постпроизводства. Представленные подходы также могут служить основой для разработки методов автоматического исправления выявляемых искажений стереовидео, что позволит повысить качество итогового 3D-контента.

Замечания по работе

1. Нейросетевой характер предложенных решений предполагает определенные требования к вычислительным ресурсам (обучение и быстрый

анализ на практике чаще всего нуждаются в GPU и оптимизациях), что потенциально ограничивает применение в ресурсно-ограниченных средах.

2. В работе рассмотрены вопросы автоматического исправления геометрических искажений и обработки сценариев с перепутанными ракурсами, однако исправлению цветовых и резкостных несоответствий уделено меньше внимания, хотя направление представляется логичным продолжением разработанной системы контроля качества. Проводились ли эксперименты также с исправлением цветовых и резкостных искажений?

3. Не освещены подробно ситуации, в которых разработанные методы могут дать сбой. Предусмотрены ли механизмы обнаружения или сглаживания ложных срабатываний? Например, может ли алгоритм ошибочно посчитать нормальную сцену искаженной, если в ней присутствуют специфические условия (необычное освещение, отсутствие четких объектов для сопоставления между глазами и т.п.)? Было бы полезно знать, как автор оценивает надежность алгоритмов в нестандартных случаях.

Вместе с тем, указанные замечания не умаляют значимости диссертационного исследования. Диссертация отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В.Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1-2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В.Ломоносова. Диссертационное исследование оформлено согласно требованиям Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова.

Таким образом, соискатель Лаврушкин Сергей Валерьевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей.

Официальный оппонент:

доктор технических наук, доцент,

профессор кафедры высокопроизводительных вычислений и

системного программирования

института информационных технологий математики и механики

Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского

Турлапов Вадим Евгеньевич

25.02.2026 г.

Контактные данные:

Тел.: +7 (831) 462-33-56 email: vadim.turlapov@itmm.unn.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом

защищена диссертация:

05.01.01 Инженерная геометрия и компьютерная графика

Адрес места работы:

603022, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 23, кор. 2, комн. 312.

Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского

Тел.: +7 (831) 462-33-56 email: vadim.turlapov@itmm.unn.ru

Подпись профессора кафедры высокопроизводительных вычислений и

системного программирования

института информационных технологий математики и механики

Нижегородского государственного университета им. Н. И. Лобачевского

Турлапова В. Е. удостоверяю:

Зам. начальника управления кадров ННГУ им. Н.И. Лобачевского

Т.А. Субботина

25.02.2026 г.