

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

на диссертацию Анциферовой Анастасии Всеволодовны

«Методы проектирования и тестирования алгоритмов оценки качества обработки и кодирования видеоданных», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.5 — «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей»

### **Актуальность темы**

Диссертационная работа Анциферовой Анастасии Всеволодовны посвящена анализу и разработке алгоритмов оценки качества видео. На сегодняшний день задача повышения эффективности кодирования видео крайне актуальна, а наличие точных алгоритмов объективной оценки качества является одной из ключевых компонент ее успешного решения. В работе представлена новая методика тестирования алгоритмов оценки качества видео, на основе которой проведено сравнение существующих алгоритмов. Так как современные методы в основном используют подходы, основанные на машинном обучении и нейронных сетях, автором также предложены методы состязательных атак на алгоритмы оценки качества видео для оценки их устойчивости. Как показано в работе, тестирование и проектирование современных алгоритмов оценки качества видеоданных сводится не только к сравнению точностей оценки качества видеоданных и анализу устойчивости алгоритмов к состязательным атакам, но и в разработке методик создания таких алгоритмов в условиях нехватки размеченных данных. В работе автором представлен такой метод на примере разработки алгоритма оценки качества стереоскопических видео.

### **Достоверность и степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Достоверность полученных результатов обеспечивается применением математического аппарата и большим объемом экспериментальных исследований. Автором проведен теоретический анализ свойств предложенных методов и приведено обоснование выбора математических подходов для решения поставленных задач, основанное на анализе существующей литературы по теме исследования.

## **Новизна исследования, полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации**

Следующие основные результаты диссертации являются новыми:

1. Предложена новая методика тестирования алгоритмов оценки качества видео. Новый набор данных, собранный по предложенной методике и сравнение, проведенное на его основе, превосходят существующие по разнообразию искажений, порождаемых кодированием видео, и количеству эталонных оценок, полученных в результате субъективных экспериментов. Доказана теорема о вероятностной гарантии получения эталонных оценок качества видео путем применения модели Брэдли-Терри для преобразования результатов парных сравнений видео.
2. Предложен новый метод состязательной атаки на дифференцируемые алгоритмы оценки качества видео на основе обучения универсального возмущения. Доказана теорема о свойстве предложенного метода и показано, что метод превосходит другие существующие подходы по скорости при сопоставимом успехе состязательной атаки.
3. Предложены новые методы состязательной атаки на дифференцируемые алгоритмы оценки качества видео. Первый метод основан на применении генетического алгоритма для оптимизации параметров обработки видео, повышающих оценку его качества объективными алгоритмами. Данный метод был первым опубликованным методом состязательной атаки на алгоритм VMAF. Также предложена более быстрая модификация данного метода, в которой используется нейронная сеть для аппроксимации алгоритма VMAF и другая нейронная сеть для генерации атакованного видео.
4. Предложен новый метод оценки качества стереоскопического видео. Метод основан на решении задачи линейной регрессии в условиях нехватки данных путем минимизации функции потерь, устойчивой к выбросам. Разработана программная реализация предложенного метода.

### **Значимость для науки и практики полученных автором результатов**

**Теоретическая значимость** заключается в получении вероятностных гарантий для ранжирования качества видео в предложенной методике, что отличает ее от других существующих методик сравнения алгоритмов оценки качества видео. Также новизна заключается в разработке новых методов состязательных атак на алгоритмы оценки

качества видео и теоретической оценке сходимости предложенного метода на основе создания универсальных возмущений.

**Практическая значимость** исследования заключается в разработке новых наборов данных и реализации метода оценки качества стереоскопических видео в виде программного обеспечения. Созданы и опубликованы наборы размеченных данных: набор, содержащий закодированные видео и эталонные оценки качества для них, а также набор стереоскопических видео с искажениями стереосъемки и эталонные оценки качества для них. По предложенным методикам проведены и опубликованы онлайн-сравнения точности алгоритмов оценки качества видео и их устойчивости к состязательным атакам. Выполнена программная реализация предложенных методов состязательных атак на алгоритмы оценки качества видео, а также выполнена и зарегистрирована программная реализация предложенного метода оценки качества стереоскопических видео.

#### **Рекомендации по использованию результатов диссертации**

Полученные результаты могут послужить основой для разработки новых методов оценки качества видео и повышения их устойчивости к состязательным атакам. Предложенная методика тестирования алгоритмов оценки качества видео может использоваться для выбора алгоритмов оценки качества, подходящих для разработки видеокодеков определенных стандартов. Методы состязательных атак могут применяться для разработки устойчивых алгоритмов оценки качества видео. Метод разработки алгоритма оценки качества видео может использоваться для обучения узкоспециализированных алгоритмов оценки качества в задачах, для которых затруднительно получение большого количества размеченных данных. Разработанный на основе этого подхода метод оценки качества стереоскопических видео может использоваться на этапе производства стереофильмов для поиска и исправления стереоскопических искажений, вызывающих визуальный дискомфорт.

#### **Оценка содержания диссертации, ее завершенность**

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и приложения. Во введении сформулирована цель и задачи работы, ее значимость, обозначены основные научные результаты.

**В первой главе** определены основные понятия, используемые в работе, приведен обзор существующих подходов к тестированию и проектированию алгоритмов оценки качества видеоданных.

**Во второй главе** предложена новая методика тестирования алгоритмов оценки качества видео, включающая в себя три этапа: выбор исходных видео, кодирование видео, и получение эталонных оценок качества для закодированных видео в ходе субъективных экспериментов. Впервые предложено использование кластеризации по пространственно-временной сложности для выбора набора исходных видео, а также использование парных сравнений для получения эталонных оценок качества видео. Доказана теорема о вероятностной гарантии применимости модели Брэдли-Терри для ранжирования качества видео. На основе предложенной методики подготовлен новый набор данных и проведено сравнение алгоритмов оценки качества видео.

**В третьей главе** предложены методы состязательных атак на алгоритмы оценки качества видео. Первый метод предназначен для дифференцируемых алгоритмов оценки качества видео и основан на создании универсальных возмущений. Доказана теорема о приближении градиента целевой функции в особых точках и показано, что точность приближения может быть вычислена по обучающему набору данных. Также предложены методы атак на недифференцируемые алгоритмы оценки качества видео на примере алгоритма VMAF. Предложено две модификации состязательных атак: на основе обработки видео, параметры которого оптимизируются с помощью генетического алгоритма, а также на основе обучения аппроксимации VMAF и создания атакующего преобразования с помощью нейронной сети. Также показано, что предложенные методы превосходят существующие аналоги по скорости работы.

**В четвертой главе** предложен новый метод оценки качества стереоскопических видео. Для разработки метода был создан новый набор данных, содержащий фрагменты стереофильмов с синтетическими искажениями, и проведена серия экспериментов для его субъективной разметки. Предложенный метод для прогнозирования целевого значения дискомфорта зрителей основан на регрессионной модели, для поиска коэффициентов которой используется функционал с компонентами, устойчивыми к выбросам в обучающих данных. Приведены результаты экспериментальной оценки метода и его сравнение с другим методом на трех наборах данных. Проведена экспериментальная апробация предложенного метода для оценки качества шестидесяти полнометражных стереофильмов, результаты которой представлены в Приложении.

Работу Анциферовой А.В. Можно квалифицировать как завершенную научно-исследовательскую работу, выполненную на высоком профессиональном уровне. Работа обладает научной и практической значимостью, содержит новые результаты и вносит существенный вклад в развитие области объективной оценки качества видеоданных.

#### **Замечания к содержанию и оформлению диссертации**

1. В главе 2 на схеме предложенной методики не обозначены новые предложенные подходы по сравнению с существующими методиками.
2. Имеются неточности оформления, например, в теореме 2 вместо обозначения нормы использован модуль.
3. В главе 4 даны названия признаков, использованных для решения задачи регрессии, однако не дано их более подробное описание.

Данные замечания не являются существенными и не уменьшают научной новизны и значимости проведенной работы.

#### **Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным**

##### **Положением о порядке присуждения ученых степеней**

Результаты диссертации представлены Анциферовой А.В. в 16 работах. Из них четыре статьи опубликованы в изданиях, рекомендованных ВАК, Scopus и Web of Science. Три работы представлены в трудах конференций уровня А\* и одна работа в трудах конференции уровня А. Кроме того, получено свидетельство о регистрации программы для ЭВМ.

Текст диссертации соответствует установленным правилам научного цитирования, библиографические ссылки оформлены корректно. Материал основного текста изложен ясно и последовательно, автореферат отражает содержание диссертации и дает представление об актуальности темы, целях и задачах, научной новизне работы.

Таким образом, диссертация Анциферовой Анастасии Всеволодовны по теме «Методы проектирования и тестирования алгоритмов оценки качества обработки и кодирования видеоданных» является самостоятельной и завершенной научно-исследовательской работой, выполненной на высоком научном уровне и имеющей значение для развития области. Диссертация соответствует требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», ее содержание соответствует паспорту специальности 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение

вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей», поэтому соискатель Анциферова Анастасия Всеволодовна заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 2.3.5 «Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей».

Официальный оппонент

Юрий Валентинович Визильтер

доктор физико-математических наук, профессор РАН,  
директор по направлению – руководитель научного комплекса  
«Искусственный интеллект и техническое зрение»,  
Федеральное автономное учреждение «Государственный научно-исследовательский  
институт авиационных систем» (ФАУ «ГосНИИАС»)

Дата «27» мая 2024 г.