

## 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»

В работе Анциферовой А.В. рассматриваются задачи, связанные с тестированием и разработкой алгоритмов оценки качества видео. В настоящее время актуальность оценки качества видео связана с ростом объема видеотрафика и необходимостью разработки новых стандартов кодирования. В то же время разработка и анализ алгоритмов оценки качества видео требует большого количества ресурсов для подготовки наборов данных. В работе предлагается новая методика тестирования алгоритмов оценки качества сжатых видео, методы состязательных атак на алгоритмы оценки качества видео и метод оценки качества стереоскопических видео, особенностью которого является обучение в условиях малого количества данных для обучения.

**В первой главе** рассматриваются основные задачи в области оценки качества видео, вводятся определения. Задачи включают в себя разработку и тестирование методов объективной оценки качества видео, заменяющих субъективные эксперименты.

**Во второй главе** предложена методика тестирования алгоритмов оценки качества кодирования видео. Предложенный подход основан на композиции кластеризации видео по пространственно-временной сложности и попарных сравнениях для получения эталонных оценок качества сжатых видео. Показано, как вероятность однозначного ранжирования зависит от количества сравниваемых видео. С помощью предложенной методики подготовлен новый набор данных и проведено сравнение алгоритмов оценки качества видео. Методы сравнения и набор данных были опубликованы и получили положительные отзывы от исследователей и коммерческих компаний.

**В третьей главе** предложена методика тестирования устойчивости и методы состязательных атак на алгоритмы оценки качества видео. Особенностью разработки состязательных атак на алгоритмы оценки качества изображений и видео является требование высокой скорости работы атаки и обеспечение временной стабильности атакованного видео. Метод состязательной атаки на основе построения универсальных возмущений использует приближение градиента на обучающем наборе данных для построения атакующих возмущений, не зависящих от входного изображения. Показано, что точность приближения градиента предложенным методом может быть вычислена по обучающему набору. Данный метод протестирован для атаки дифференцируемых неререференсных алгоритмов оценки качества видео. По сравнению с другими методами состязательных атак на алгоритмы оценки

качества видео, предложенный метод показал более высокую скорость работы при сопоставимой эффективности атаки. Также предложены методы состязательных атак на недифференцируемые алгоритмы оценки качества видео. Методы основаны на оптимизации генетическим алгоритмом и построении дифференцируемой аппроксимации атакуемого алгоритма для оценки градиента целевой функции. Оба подхода применены для атаки недифференцируемого полнореференсного алгоритма оценки качества видео VMAF.

**В четвертой главе** предложен метод оценки качества стереоскопических видео, разработанный с использованием нового набора данных, состоящего из оценок визуального дискомфорта зрителей, вызванного просмотром стереоскопических видео с искажениями съемки. В связи со сложностью разметки данных для решения данной задачи, был предложен метод решения задачи регрессии в условиях нехватки данных путем оптимизации функции Хьюбера в комбинации с регуляризацией. Предложенный метод, реализованный в виде программной системы, прошел экспериментальную апробацию при оценке качества шестидесяти полнометражных стереофильмов.

**Новизна и значимость результатов.** В диссертации предложены новые методы состязательных атак на алгоритмы оценки качества видео, для которых получены некоторые не вполне убедительные теоретические оценки и проведен широкий набор экспериментов, показывающий их преимущества по сравнению с существующими подходами. Значимость результатов заключается в предложенных новых наборах данных, опубликованных для научного сообщества, проведении и публикации открытых онлайн-сравнений алгоритмов оценки качества видео на основе предложенных наборов и с помощью предложенных методик, а также разработке программных реализаций предложенных методов.

**К достоинствам работы стоит отнести** возможность применения результатов для решения задач из смежных областей, таких как тестирование и оценка устойчивости алгоритмов оценки качества обработки и кодирования изображений, звука и других мультимедийных данных. Также в работе на высоком уровне проведены эксперименты и созданы новые наборы данных, которые могут быть использованы для решения различных задач в области обработки видео.

**Замечания к содержанию и оформлению диссертации:**

1. В главе 2 не введены понятия I- и P-кадров.
2. В главе 3 имеется неаккуратность в отношении введенных обозначений: не введено отношение обозначения градиента  $G$  к целевой функции  $M$ , а также  $G$  повторно используется в качестве обозначения нейронной сети, выполняющей атаку на метод VMAF. Также не вполне консистентной является система обозначений в работе. Например, обычно не используют курсив в обозначении  $\min$
3. В главе 3 не достаточно раскрыта мотивация разработки метода состязательной атаки на недифференцируемые алгоритмы оценки качества видео на основе оптимизации параметров обработки видео генетическим алгоритмом, при том, что данный метод

уступает по эффективности следующему предложенному методу на основе обучения аппроксимации.

4. Теорема 1 не будет работать в разумных условиях, кроме того ее доказательство неточно. Действительно, утверждение теоремы - получение нижней оценки для вероятности ошибки. Она имеет вид  $(1 - \alpha)^{(N(N - 1) / 2)}$ . В доказательстве получена другая нижняя оценка на вероятность -  $1 - \alpha * (N(N - 1) / 2)$ , которая вообще говоря может быть много меньше первого выражения. Эти два выражения близки к друг другу для маленьких значений  $\alpha$ , но в целом неаккуратно. Вторая проблема - такая оценка для разумных значения  $N$  и  $\alpha$  очень мала. Например, для  $\alpha = 0.05$ ,  $N=20$  получаем значение оценки порядка  $10^{-4}$ . Мы хотели бы число близкое к единице.
5. Мне кажется, что получение результата про вероятность правильного упорядочивания всех пар - очень наивная и мало относится к практике, так как такая вероятность в предположении ограниченности размера выборка, должна быть очень маленькой, в силу того, что все алгоритмы машинного обучения допускают ошибки. Более разумно было бы выбрать некоторый порог для ошибки и посмотреть, какая вероятность, что у нас ошибок меньше.
6. Не вполне ясно из текста диссертации, какие аналогичные Теореме 1 утверждения были получены ранее. Более подробный обзор теоретических результатов украсил и более правильно бы позиционировал работу.
7. Теорема 2 получена в нереалистичном предположении, что градиенты некоторой функции по всем изображениям - одного знака. Если предположить, что такие градиенты с равной вероятностью больше и меньше нуля, то получаем степенное убывание вероятности выполнения такого предположения, и оно будет нарушено для выборки любого разумного размера (например, 10 или 20).
8. Отметим, что в совокупности Теорема 1 и Теорема 2 описывают полученные теоретические результаты работы - и про них трудно сказать, что они являются значимым продвижением вперед математической науки. В чем тогда состоит теоретический вклад?
9. Глава 4 очень сильно отличается от других глав диссертационного исследования используемыми методами - рассматривается линейная регрессия и значимость признаков для нее и ближе по методам к, например, экономическим или социальным наукам. Возможно, уместнее было бы исключить ее из данного текста, количество и уровень публикаций в других главах в достаточной степени показывают высокую квалификацию исследователя.

Обозначенные замечания не уменьшают общей ценности работы, хотя и требуют внимания автора.

Таким образом, диссертация Анциферовой Анастасии Всеволодовны по теме\* «Методы проектирования и тестирования алгоритмов оценки качества обработки и кодирования видеоданных» является самостоятельным и завершенным исследованием, обладающим научной новизной и практической значимостью. Работа отвечает требованиям ВАК о порядке присуждения ученых степеней к кандидатским диссертациям, а соискатель 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

Алексей Алексеевич Зайцев

кандидат физико-математических наук, старший преподаватель

Автономной некоммерческой образовательной организации высшего профессионального образования «Сколковский институт науки и технологий»

Дата «21» мая 2024 г.