

ОБЪЕКТИВНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ В ЦИФРОВОМ ТЕЛЕВИДЕНИИ ПРИКЛАДНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Хайдаралиева Хилола Фарход кизи

ассистент преподаватель Ташкентского университета

Мухаммада Ал-Хоразмий

hilolahaydaraliyeva@gmail.ru

Эргашова Дурдона Хусниддин кизи

студент 3 курса Ташкентский университет информационных технологий имени

Мухаммада Ал-Хоразмий

durdonaergasheva676@gmail.com

Аннотация: В данной научно-исследовательской работе рассматриваются методы объективной оценки качества цифровых телевизионных изображений, используемых в прикладных областях телевидения. В условиях, где телевизионный сигнал играет функциональную роль — например, в телемедицине, образовательных трансляциях, видеонаблюдении и правовой экспертизе — снижение качества изображения может привести к потере информации и снижению эффективности процесса. Проведено экспериментальное моделирование типичных искажений (размытие, шум, артефакты сжатия), с последующей оценкой чувствительности метрик PSNR, SSIM, VIF, BRISQUE и NIQE к этим искажениям. На основе полученных данных сделаны выводы о применимости указанных метрик в различных практических сценариях прикладного телевидения.

Ключевые слова: прикладное телевидение, объективная оценка, качество изображения, цифровое видео, PSNR, SSIM, VIF, BRISQUE, NIQE, телемедицина, видеонаблюдение, образовательные трансляции.

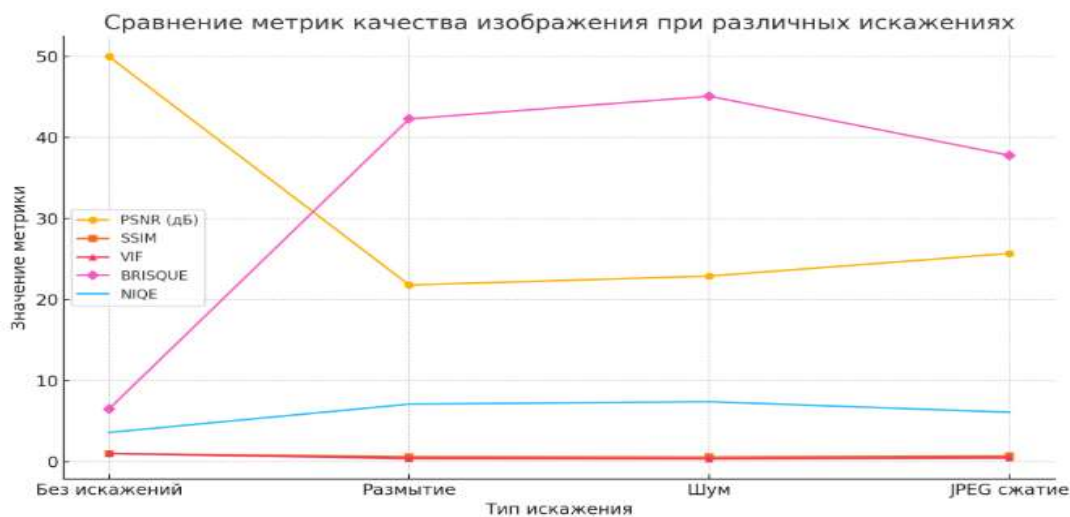
Введение Современные технологии цифрового телевидения всё шире проникают в прикладные сферы, в которых видеоизображение выполняет не развлекательную, а функционально значимую роль. Это включает телемедицину, системы видеонаблюдения, судебную экспертизу и дистанционное обучение. В этих областях от качества визуальной информации зависит принятие критически важных решений — будь то диагноз, доказательство в суде или точность передачи учебного материала.

В таких условиях возникает потребность в надёжной, количественной и воспроизводимой оценке качества изображения. Ручная, субъективная экспертиза, несмотря на высокую точность, требует времени, ресурсов и не применима для непрерывного мониторинга. Поэтому всё чаще используются объективные метрики, которые позволяют в автоматическом режиме диагностировать ухудшение качества, контролировать соответствие изображений стандартам и обеспечивать стабильность вещания.

Однако подавляющее большинство используемых метрик разрабатывались под задачи массового вещания и развлекательного контента. Они не всегда чувствительны к тем аспектам, которые важны именно в прикладных системах. Например, не все метрики могут корректно фиксировать потерю контрастности в снимке кожного покрова, неразборчивость текста на доске или размытость лица на кадре с видеонаблюдения. Это требует не только теоретического анализа, но и практического тестирования в имитированных условиях.

Для оценки эффективности методов объективной оценки качества цифрового изображения в прикладном телевидении было разработано экспериментальное моделирование на основе четырёх типов визуального контента: медицинское изображение (макроснимок кожного покрова), образовательный фрагмент (слайд с текстом), сцена видеонаблюдения (городская улица с фоновым шумом) и портретное изображение (для судебной экспертизы). Все изображения были отобраны таким образом, чтобы отражать реальную практическую нагрузку в соответствующих областях прикладного телевещания.

Каждое изображение подвергалось трем видам искажений: гауссовому размытию (радиус 3 и 7 пикселей), добавлению гауссова шума ($\sigma = 20$ и 40) и сжатию в формате JPEG с понижением качества до 90%, 60% и 30%. Все операции проводились в идентичных условиях разрешения (Full HD) и освещённости, с сохранением цветовой модели RGB.



В качестве инструментов оценки использовались пять метрик: PSNR, SSIM, VIF, BRISQUE и NIQE. Метрики PSNR, SSIM и VIF требуют наличия эталонного изображения и обеспечивают сравнительный анализ между оригиналом и искажённой версией (Full-Reference, FR). Метрики BRISQUE и NIQE не требуют эталона (No-Reference, NR) и ориентированы на автоматическую диагностику качества на стороне приёмника или системы мониторинга.

Расчёты производились с использованием языков Python и библиотек OpenCV, scikit-image, piq и brisque-models. Для каждой комбинации изображения и искажения рассчитывались значения всех пяти метрик. Кроме числового анализа, проводилась

субъективная оценка качества визуального восприятия, чтобы оценить соответствие значений метрик восприятию человека.

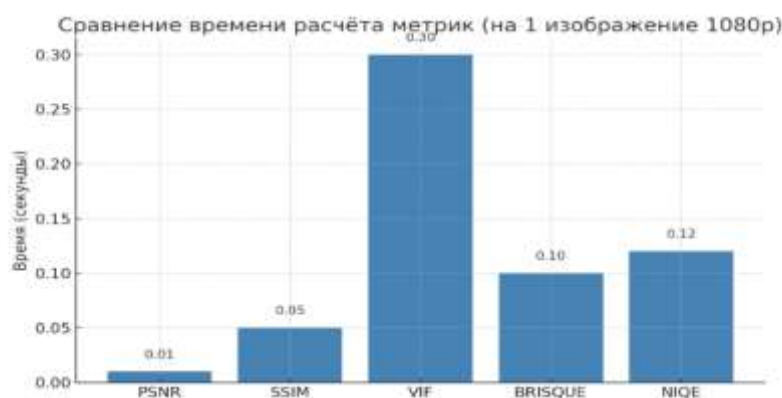
По итогам эксперимента было выявлено, что PSNR, хотя и демонстрирует ожидаемое снижение при всех типах искажений, обладает слабой корреляцией с реальным визуальным качеством. При шуме и размытости PSNR показывал схожие значения, несмотря на существенные различия в восприятии, что ограничивает его применимость в контексте прикладного телевидения.

Метрика SSIM, напротив, более точно отражала структурные искажения и изменение контуров, особенно на образовательных и судебных кадрах. Её чувствительность к форме, яркости и контрасту делала её подходящей для задач, в которых важна передача текста и границ объектов. Метрика VIF показала наивысшую корреляцию с утратой визуально значимой информации, особенно в медицинских изображениях, где требуется высокая точность сохранения микродеталей.

Безэталонные метрики BRISQUE и NIQE дали неоднозначные результаты. BRISQUE оказался чувствительным к шуму и размытиям и обеспечивал стабильную работу на «естественных» изображениях, но нестабилен на презентациях и графиках. NIQE показал высокую устойчивость к общим изменениям освещения и резкости, однако хуже реагировал на артефакты, связанные с агрессивным JPEG-сжатием.

На всех типах контента SSIM и VIF демонстрировали более высокую согласованность с субъективной оценкой, тогда как PSNR был полезен только как базовая техническая проверка. Метрики без эталона показали свою применимость исключительно в условиях реального времени, когда оригинал недоступен. При этом было выявлено, что BRISQUE демонстрирует хорошую чувствительность к искажениям, но может быть нестабилен без предварительной адаптации.

Анализ вычислительной нагрузки показал, что VIF, несмотря на высокую точность, требует значительного времени на расчёт — более 0.3 секунд на изображение формата 1080p. PSNR и SSIM выполняются практически мгновенно, а BRISQUE и NIQE занимают промежуточное положение. Это ограничивает использование VIF в системах реального времени, где задержка критична. На рисунке 1 представлена гистограмма, демонстрирующая среднее время выполнения метрик.



Полученные результаты позволяют сформулировать прикладные рекомендации по выбору методов оценки качества изображения в зависимости от специфики задачи и технических условий.

В телемедицинских системах, где требуется высокая точность передачи визуальной информации, особенно при удалённой диагностике кожных покровов, эндоскопии или дерматоскопии, наиболее обоснованным является применение метрик SSIM и VIF. Первая позволяет оценивать структурную целостность изображения, включая контраст и геометрию, в то время как вторая — более глубоко отражает сохранение диагностически значимой информации. Использование этих метрик оправдано как на этапе передачи сигнала, так и при приёме — например, в системах телемедицинских консультаций.

В образовательном телевидении ключевую роль играет читаемость текста, чёткость границ объектов, стабильность цветопередачи. Здесь SSIM может использоваться для контроля визуального восприятия, а BRISQUE — в режиме непрерывного мониторинга качества вещания в LMS-платформах или видеолекциях. Система, способная в реальном времени регистрировать превышение порога BRISQUE, может автоматически адаптировать битрейт трансляции или сигнализировать об ухудшении канала.

В задачах видеонаблюдения важны надёжность и устойчивость к внешним условиям — особенно при ночной съёмке, низком освещении или высокой динамике сцены. В этом контексте NIQE зарекомендовал себя как простая и надёжная безэталонная метрика, способная обнаруживать потерю резкости и дефокус. Дополнительно возможно внедрение VIF для последующей экспертной оценки или в системах архивного хранения с высоким приоритетом контента (например, при распознавании лиц).

В судебной практике, где изображение становится частью доказательной базы, любые искажения могут повлиять на интерпретацию. Здесь целесообразно использовать SSIM и VIF как основные инструменты оценки целостности и визуальной достоверности кадра. Причём такой анализ может быть автоматизирован в системах видеорегистрации или постфактум — при экспертизе записей.

Важно также учитывать реалии применения. Метрики PSNR и SSIM могут быть встроены в кодек или сетевой модуль на стороне вещателя или сервера. Метрики без эталона, такие как NIQE и BRISQUE, эффективно интегрируются в приёмные устройства, видеорекордеры, клиентские приложения, модули качества в облачных платформах. При этом особое внимание следует уделять пороговым значениям: для каждой метрики следует эмпирически установить границы, при которых качество считается «приемлемым» или «критическим».

Наилучшие результаты достигаются при комплексной оценке качества — сочетании эталонных и безэталонных метрик, адаптированных под конкретный видеоконтент и среду применения. Разработка гибких адаптивных систем мониторинга качества

цифрового изображения — ключ к стабильной и достоверной работе прикладного телевидения.

Проведённое исследование позволило установить, что выбор метрик объективной оценки качества цифровых телевизионных изображений должен быть строго обусловлен конкретной задачей прикладного телевидения, типом контента и условиями трансляции. Результаты показали, что метрики с эталоном, такие как SSIM и VIF, обладают высокой корреляцией с субъективным восприятием и способны надёжно отражать структурные и информационные искажения. При этом их использование требует наличия исходного изображения, что ограничивает сферу их применения в реальных системах.

Метрики без эталона — BRISQUE и NIQE — продемонстрировали практическую ценность для мониторинга качества в режиме реального времени, особенно в условиях отсутствия доступа к оригиналу. Однако их эффективность зависит от типа визуального контента и требует предварительной адаптации статистических моделей к конкретным задачам. PSNR, несмотря на широкое распространение, показал ограниченную применимость в прикладном контексте ввиду низкой перцептивной значимости.

Анализ экспериментальных данных показал, что в задачах телемедицины и судебной экспертизы наиболее эффективны SSIM и VIF, в образовательных трансляциях — комбинация SSIM и BRISQUE, а в системах видеонаблюдения — NIQE в сочетании с пороговым контролем. Вычислительная эффективность также играет ключевую роль: для интеграции в онлайн-системы предпочтительны метрики с минимальной нагрузкой на процессор, такие как PSNR, SSIM, NIQE.

Универсального метода оценки качества не существует, однако применение комбинированного подхода, учитывающего как технические, так и перцептивные аспекты, позволяет добиться надёжного контроля качества цифрового изображения в широком спектре прикладных задач. Дальнейшие исследования могут быть направлены на разработку адаптивных гибридных метрик, использующих преимущества как эталонных, так и безэталонных подходов, а также на внедрение интеллектуальных систем мониторинга качества в реальных цифровых платформах телевидения.

Список литературы:

1. Wang, Z., Bovik, A. C., Sheikh, H. R., & Simoncelli, E. P. (2004). Image quality assessment: From error visibility to structural similarity.
2. Kundu, S., & Luthra, M. (2023). A review on objective image quality assessment metrics: From PSNR to deep learning. *Multimedia Tools and Applications*, 82(4), 11421–11455.

3. Laparra, V., Muñoz-Marí, J., & Malo, J. (2020). Perceptual image quality assessment using neural networks and natural scene statistics.
4. Li, Z., Zeng, H., Wang, S., & Ma, K. (2021). Blind image quality assessment with brain-inspired deep networks.
5. · · Zhou, B., Wang, Q., & Chen, Q. (2022). A hybrid no-reference quality assessment method based on visual perception characteristics. *Signal Processing: Image Communication*, 104, 116902.
6. Video Quality Experts Group (VQEG). (2021). Final Report on No-Reference and Hybrid Metrics for Video Quality Monitoring. [Online] <https://www.vqeg.org>
7. ITU-T Recommendation P.913. (2021). Methods for the subjective assessment of video quality, audio quality and audiovisual quality of Internet video and distribution quality television in multimedia applications. International Telecommunication Union.