

$$r_o = e^{(2,27-8 \cdot a)} \quad (10)$$

Демак (10) формула ёрдамида юқорида тажриба учун танлаб олинган оптик тола учун оптимал буқиш радиусини аниқлаш мумкин. Яъни мазкур толани оптик кабеллардан ташкил топган ТОАЛ га рухсатсиз уланишда толани шундай оптимал буқиш радиусига буқилганда, рухсатсиз уланиш самарадорлиги юқори ва аниқланиб қолиш даражаси паст бўлади.

Хулоса

Демак бундай тизимларда толани r_o радиусга буқиш имкониятини чеклаш лозим. Яъни толани оптик алоқа тизимларининг оптик кабелли алоқа линияларида кабел тизимларини диомий назоратда сақлаш, кабел химоя қатламларини бузилишини олидни олиш лозим. Оптик кабелларни уланиш муфталарида, тарқатиш крослариди толаларга рухсатсиз шахсларнинг уланишларини олдини олиш лозим.

Адабиётлар

1. G.P. Agrawal, "Fiber-Optic Communication Systems", *John Wiley & Sons, 1997*.
2. Шубин, В. В. Информационная безопасность волоконно-оптических систем : монография / Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский НИИ экспериментальной физики, В. В. Шубин .— Саров : Российский федеральный ядерный центр - Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики, 2015 .— 258 с

УДК 621.391.25

И. А. Гаврилов, Х. Х. Носиров

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ УСРЕДНЕНИЯ ПИКсельНЫХ ЗНАЧЕНИЙ

В статье рассматривается метрика объективной оценки качества компрессированных телевизионных изображений на основе сумм ошибок предсказаний значений пикселей исходного и декодированного изображения. Приводятся результаты экспериментальных результатов обработки тестовых изображений предложенной метрикой и СКО.

Ключевые слова: изображение, компрессия видеоданных, визуальное качество, методы оценки качества изображений, СКО, PSNR.

При оцифровке телевизионного сигнала выходной поток видеоданных может достигать 216-240 Мбит/с в системах стандартной четкости и более 800 Мбит/с в системах высокой четкости, что значительно превосходит пропускную способность каналов передачи в цифровом телевидении [1]. Поэтому для согласования параметров сигналов и каналов передачи, применяют различные методы сжатия видеoinформации, основанные на устранении различных типов избыточной или

3. M.P. Fok, Z. Wang, Y. Deng, P.R. Prucnal, Optical layer security in fiber-optic networks, *IEEE Trans. Inf. Secur. Forensics* 6 (3) (2011) 712–726.
4. P.R. Prucnal, B. Wu, B.J. Shasti, "Secure communication in fiber-optic networks", in: *Emerging Trends in ICT Security*, Elsevier, 2014.
5. Персоник С.Д. "Проектирование приемников для систем с волоконными световодами". ТИИЭР. 1977. Т. 65, №12.
6. Уайндер С. "Справочник по технологиям и средствам связи". Перевод с англ. М.: «Мир», 2000
7. Яковлев А.В. "Волоконно-оптическая система передачи конфиденциальной информации". «Электросвязь», 1994, №10
8. Яковлев В.А, Комашинский В.В. "Исследование способа маскирования сигналов в волоконно-оптических линиях связи". «Проблемы информационной безопасности», 2001, №2.

Рахимов Бахтиёржон Нейматович –техника фанлари доктори, Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети "Теле-радиоэшиттириш тизимлари" кафедраси доценти.

E-mail: b.rahimov@tuit.uz

Тургунов Бекзод Адивоситович - Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Фаргона филиали "Телекоммуникация инжиниринги" кафедраси катта ўқитувчиси, мустақил тадқиқотчи.

E-mail: forish2009@mail.ru

информации и поэтому сжимаются плохо (рис.1,б). Как видно из результатов экспериментов, в режиме сжатия без потерь, мелкоструктурный горный сюжет сжимается в 6 раз хуже, чем изображение самолета. Соответственно сохраненные файлы этих изображений имеют разные объемы данных (48 и 166 кбайт).

Хранении таких файлов на компьютере никаких проблем не вызывает. Однако в телевидении, где требуется передавать видеопоток в реальном времени по каналу связи с постоянной скоростью потока (битрейт), приходится стабилизировать объем данных каждого кадра за счет дожатия плохо сжимаемых кадров. Это связано с тем, что передача кадров большего объема может превысить время кадрового интервала и привести к выпадению кадров и соответственно к нарушению плавности передачи движения видеообъектов.

В современных видеокодеках управление коэффициентом сжатия видеоданных обычно производится делением коэффициентов спектральных преобразований на значение квантователя с последующим округлением результата до ближайшего целого числа [1]. Такой механизм позволяет эффективно управлять коэффициентом сжатия видеоданных, но потеря полезной информации на округлениях ухудшает качество изображений и приводит к появлению блочного эффекта (рис.2).

Также для повышения сжатия видеоданных большой интерес представляет возможность использования интерполяционного двунаправленного изменения размеров изображений [3, 4]. Однако при уменьшении размеров изображений теряется часть важной информации которую невозможно восстановить интерполяционными методами при восстановлении исходных размеров изображений. А это приводит к заметному ухудшению их визуального качества [3, 4].

В телевидении основная оценка качества изображений производится зрителями визуально. Однако, в силу субъективности нашего восприятия, метод субъективной оценки не дает количественной оценки сравнения, как параметров кодирования одного кодека, так и оценки алгоритмов кодирования различных кодеков. Поэтому на практике часто применяются методы объективной оценки качества изображений, основанные на вычислении различных метрик [2]. При этом, несмотря на довольно большое разнообразие разработанных метрик, ни одна из них не соответствует оценки нашего зрительного восприятия. Но, тем не менее, они позволяют количественно оценить вносимые искажения при кодировании видеоданных. В настоящее время для объективной оценки качества изображений широкое распространение получили объективные метрики MSE, PSNR [2].

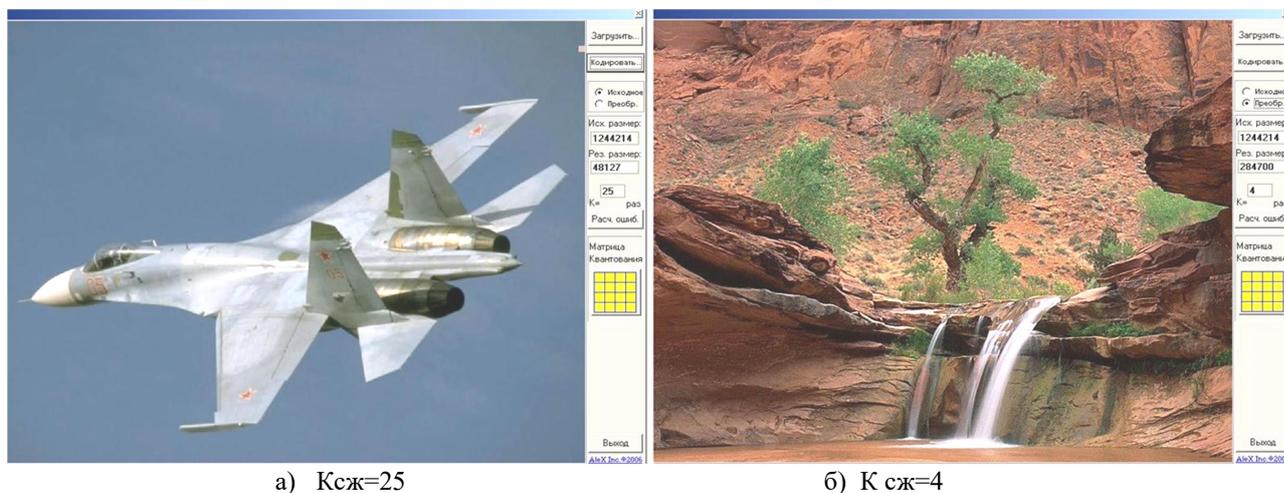


Рис.1. Влияние структуры изображения на коэффициент сжатия видеоданных при постоянных параметрах кодирования

Метрика MSE (Mean Squared Error – среднеквадратическая ошибка) оценивает отклонения значений пикселей исходного и декодированного изображения по следующей формуле [3]:

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |I(i, j) - K(i, j)|^2 \quad (1)$$

где L - исходное изображение, K – отображаемое изображение, M и N - горизонтальный и

вертикальный размеры изображения. L(i, j) - значение пикселя изображения X с координатами (i, j).

Если изображения совпадают, то значение MSE равно 0. Соответственно, значение метрики возрастает с увеличением искажений в изображении. Значение MSE для видеофрагмента обычно принимается равным среднему значению MSE по всем кадрам или их сумме [2].



Рис.2. Исходное и восстановленное изображение при сжатие 100 раз.

Метрика MSE (Mean Squared Error – среднеквадратическая ошибка) оценивает отклонения значений пикселей исходного и декодированного изображения по следующей формуле [3]:

$$MSE = \frac{1}{mn} \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} |I(i, j) - K(i, j)|^2 \quad (1)$$

где L - исходное изображение, K – отображаемое изображение, M и N - горизонтальный и вертикальный размеры изображения. $L(i, j)$ - значение пикселя изображения X с координатами (i, j) .

Если изображения совпадают, то значение MSE равно 0. Соответственно, значение метрики возрастает с увеличением искажений в

изображении. Значение MSE для видеофрагмента обычно принимается равным среднему значению MSE по всем кадрам или их сумме [2].

Другую метрику, которую часто используют на практике, называют мерой пикового отношения сигнала к шуму (*peak-to-peak signal-to-noise ratio* — *PSNR*), которая является инженерным термином, означающим соотношение между максимумом возможного значения сигнала и мощностью шума искажающего значения сигнала [3]. Поскольку многие сигналы имеют широкий динамический диапазон, PSNR обычно измеряется в логарифмической шкале в децибелах. Данная метрика наиболее часто используется для измерения уровня искажений при компрессии изображений, которая вычисляется по следующей формуле [2]:

$$PSNR = 10 \log_{10} \left(\frac{MAX_I^2}{MSE} \right) = 20 \log_{10} \left(\frac{MAX_I}{\sqrt{MSE}} \right) \quad (2)$$

где MAX_I^2 — это максимальное значение, принимаемое пикселем изображения. Когда пиксели имеют разрядность 8 бит, $MAX_I=255$.

Для цветных изображений MSE считается по всем трем компонентам и делится на утроенный размер изображения.

Данная метрика, по сути, аналогична среднеквадратичному отклонению, однако пользоваться ей несколько удобнее за счет логарифмического масштаба шкалы. Тем не менее значения данных метрик часто никак не отражают реальное качество изображений. То есть визуально изображение может восприниматься как совершенно испорченное, а значение метрики характеризует его, как хорошее и наоборот. Так, например, для изображения, представленного на рис.2.б, значение MSE=4,3%, что характеризует его

качество как хорошее, хотя визуально оно сильно испорчено.

При оценке качества компрессированных изображений необходимо учитывать, что работа квантователя в первую очередь приводит к потере высокочастотных составляющих, в результате чего уменьшается число градаций яркости и сглаживается цветовой рельеф. Поэтому для более эффективной объективной оценки качества компрессированных изображений был предложен метод основанный на вычислении суммы ошибок предсказаний пиксельных значений (SEP). Суть метода заключается в сравнении сумм ошибок предсказаний исходного и восстановленного изображения. Для этой цели могут использоваться различные интерполяторы, но в данном случае ошибки предсказания определяются более быстродействующим трехточечным фильтром по следующим формулам:

$$D_1 = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} b'_{(1)i}, \quad D_2 = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} b'_{(2)i}, \quad \text{где } b'_i = \frac{b_i - (b_{i-1} + b_{i+1})}{2}$$

D_1 и D_2 сумма ошибок предсказания значений пикселей исходного и декодированного кадра соответственно.

$$SEP = \frac{D1 - D2}{D1} * 100\% \quad (3)$$



Рис.3. Варианты тестовых изображений с низкой, средней и высокой детальностью.

Таблица 1

Соответствие коэффициента сжатия тестовых изображений от значения квантователя

Видеосюжет	Значения квантователя				
	1	4	8	16	32
Самолет	23	54	70	83	91
Бабочка	13	29	41	54	69
Горы	3	7	12	21	40

Таблица 2

Результаты оценки значений MSE и SEP при оценке влияния квантователей на величину искажений декодированных изображений

Видеосюжет	Ошибки восстановления изображений (%) от значения квантователя									
	1		4		8		16		32	
Самолет	1,3	0,8	1,7	5,6	2,5	9,4	3,4	22	4,8	30
Бабочка	1,5	1,3	2,5	7,3	4	12	5,8	24	9,2	32
Горы	1,3	1,5	2,9	9,5	5,6	14	10,8	26	17	42
Метрика	MSE	SEP	MSE	SEP	MSE	SEP	MSE	SEP	MSE	SEP



Рис.4. Визуальное качество исходного и восстановленного изображения при значении квантователя 32 (сжатие в 91 раз).

Для оценки эффективности оценки качества изображений предложенной метрикой было отобрано 3 тестовых изображения с малой, средней и высокой детальностью (рис.3), которые обрабатывались по стандарту JPEG с использованием различных квантователей. При этом качество декодированных изображений оценивалось

как визуально, так и с помощью предложенной метрики SEP и MSE. Результаты экспериментов представлены в таблицах 1-2 и в виде изображений на рис.4-5.

Как видно из результатов экспериментов, визуальное качество декодированных изображений с квантователем 32 имеют сильно заметную

блочную структуру (рис.4-5), что субъективно оценивается плохим качеством. Однако, согласно метрике MSE, искажения не превышают 10%, что зрительно должны быть незаметны. Это связано с тем, что при работе квантователей теряются яркостной рельеф, от чего изображение становится сглаженным в пределах блока. При этом средняя



Рис.5. Визуальное качество исходного и восстановленного изображения при значении квантователя 32 (сжатии в 40 раз).

Таким образом, предложенная метрика на основе суммы ошибок предсказаний значений пикселей исходного и декодированного изображений дает более объективную оценку качеству сжатия видеоданных. Особенно данная метрика будет более полезной для сравнительной оценки эффективности работы различных видеокодеков. В этом случае минимальное значение SEP при одинаковой величине сжатия видеоданных будет соответствовать лучшему алгоритму кодирования.

Литература

1. Z. Wang, A.C. Bovik, H.R. Sheikh, E.P. Simoncelli Image quality assessment: from error visibility to structural similarity IEEE Transactions on Image Processing. Volume 13, Issue 4, April 2004.
2. A. Benavoli, L. Chisci, A. Farina Estimation of Constrained Parameters With Guaranteed MSE Improvement. IEEE Transactions on Signal Processing, Volume 55, Issue 4, April 2007.
3. Z. Wang, E.P. Simoncelli, A.C. Bovik Multiscale structural similarity for image quality assessment. Conference Record of the Thirty-Seventh Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers, 2004. 2: 1398–1402 Vol.2.
4. L.Zhang, X.Mou, D. Zhang A comprehensive evaluation of full reference image quality assessment algorithms, 2012 19th IEEE International Conference on Image Processing: 1477–1480.
5. И.А.Гаврилов, Т.Г.Рахимов, А.Н.Пузий, Х.Х.Носиров, Ш.М.Кадиров “Цифровое телевидение” Ташкент, 2016 г., 380 с.

яркость изменяется мало, что соответствует низкому значению среднеквадратической ошибки. С другой стороны, сглаженное изображение минимизирует ошибки предсказания значений смежных пикселей. Поэтому предложенная метрика дает значение в 30-32% , что гораздо лучше согласуется с визуальной оценкой качества.

6. Ю.И. Монич, В.В. Старовойтов. Оценки качества для анализа цифровых изображений.// Искусственный интеллект №4 2008 г. с.376-386.

7. Nosirov Khabibullo Khikmatullo o'g'li, Gavrilov Igor Aleksandrovich, Puziy Anastasiya Nikolaevna. Application scaling methods to improve TV images data compression. European science review. № 1–2 2017. с. 218-221.

8. Puziy Anastasiya Nikolaevna, Gavrilov Igor Aleksandrovich. The investigation of image sizes reduction methods. European science review. № 11–12 2017. с. 136-139.

Гаврилов Игорь Александрович. Доцент кафедры Системы телерадиовещания Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми (ТУИТ). E-mail: gavrilov-1960@mail.ru

Носиров Хабибулло Хикматулло угли. Доцент кафедры Системы телерадиовещания ТУИТ. E-mail: n.khabibullo1990@gmail.com

I.A. Gavrilov, H.H. Nosirov
Quality assessment of images using the average of pixel values

The article discusses the metric of an objective assessment of the quality of compressed television images based on the sum of the prediction error values of the source and decoded image pixels. The results of experimental results of processing test images by the proposed metric and RMS are given.

Keywords: image, video compression, visual quality, image quality estimation methods, standard deviation, PSNR.