

УДК 681.325

Н.Н. ПОНОМАРЕНКО, О.И. ЕРЕМЕЕВ, В.В. ЛУКИН

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина*

## МЕТРИКА ВИЗУАЛЬНОГО КАЧЕСТВА ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ КОРРЕКТНОГО УЧЕТА ИСКАЖЕНИЙ ЯРКОСТИ И КОНТРАСТА

*Предложена модификация метрики визуального качества изображений PSNR-HVS, учитывающая различную чувствительность системы визуального восприятия человека к искажениям яркости и контраста изображений. Осуществлена оптимизация параметров предложенной метрики качества с использованием базы тестовых изображений TID2008. Для предложенной метрики и ряда известных метрик получены значения корреляции между значениями метрики и средним визуальным восприятием человека. Показано, что для TID2008 разработанная метрика является наилучшей из известных метрик по степени соответствия восприятию человека.*

**Ключевые слова:** метрики визуального качества изображений, сжатие изображений, фильтрация шума.

### Введение

**Постановка проблемы.** Метрики визуального качества изображений [1] используются для верификации таких задач цифровой обработки изображений, как сжатие изображений с потерями информации, подавление шума на изображениях, восстановление изображений и многих других [2, 3]. Чтобы адекватно оценить, например, эффективность разрабатываемого метода фильтрации изображений, формируемых цифровыми фотокамерами, нужно иметь метрику качества, хорошо соответствующую системе визуального восприятия человека (СВВЧ). Основная проблема состоит в том, что на данный момент хорошо изучено лишь небольшое количество особенностей СВВЧ [1, 2] и не существует метрик визуального качества изображений, которые бы в желательной степени ей соответствовали [3].

**Анализ литературы.** Разработке метрик визуального качества изображений уделяется пристальное внимание последние два десятилетия. За это время разработано большое количество новых метрик, в той или иной степени учитывающих особенности СВВЧ [4]. Из-за недостаточной изученности СВВЧ и отсутствия формализованных моделей для ее описания большинство разработанных метрик являются в той или иной степени эвристическими и в целом обладают плохим соответствием СВВЧ [3].

Необходимость каким-либо образом оценить степень соответствия между той или иной метрикой качества изображений и СВВЧ привела к разработке в последнее время специализированных баз тестовых изображений [5, 6] для верификации метрик визуального качества. Каждая такая база изображений содержит эталонные изображения, эти же изображения, искаженные различными типами шумов, и значения сред-

них экспертных оценок (Mean Opinion Score, MOS) для каждого искаженного изображения. Наибольшая по размеру база данных TID2008 [6] содержит 1700 искаженных изображений, а в формировании MOS для нее приняло участие 838 человек.

Базы изображений, подобные TID2008, позволяют не только получить объективные оценки соответствия СВВЧ заданной метрики качества (для этого могут использоваться, например, значения коэффициентов ранговой корреляции Спирмена и Кендалла между массивом MOS для искаженных изображений и массивом значений данной метрики качества для этих же изображений), но и оценить степень учета метрикой качества отдельных особенностей СВВЧ. Так, исследование, проведенное в [3], показывает, что метрика MSSIM [7], обладающая лучшей корреляцией с СВВЧ для всего множества изображений TID2008 (значение корреляции Спирмена для нее равно 0,853), для подмножества изображений, соответствующего наиболее актуальным задачам фильтрации и сжатия изображений, существенно уступает другим метрикам (значение корреляции Спирмена 0,868 против 0,929 для метрики PSNR-HVS-M [8]). В то же время метрика PSNR-HVS-M характеризуется очень низким соответствием СВВЧ для подмножества изображений, содержащих искажения яркости и контраста (значение корреляции Спирмена равно 0,274).

**Цель исследования.** В [3] показана перспективность метрик PSNR-HVS [9] и PSNR-HVS-M, которые лучше других метрик соответствуют СВВЧ для большинства подмножеств TID2008. В данной работе предлагается их модификация, учитывающая особенности восприятия человеком искажений яркости и контраста на изображениях, что позволит еще больше повысить соответствие СВВЧ этих метрик.

## 1. Краткое описание базы тестовых изображений tid2008

Прежде всего, укажем некоторые особенности базы TID2008 и методику работы с ней. Основой базы служат 25 цветных исходных неискаженных изображений. Каждое из этих изображений искажено 17 типами помех (указаны в табл. 1) с четырьмя различными уровнями искажений. Таким образом, в базе имеется 1700 искаженных изображений, визуальное качество которых анализировалось волонтерами. Каждому из волонтеров задавалась одна группа искаженных изображений (68 изображений, прототипом для которых было одно из исходных), для которых проводился сравнительный анализ. Результаты анализа могли обрабатываться различным способом. В частности, MOS можно было определять в результате обработки данных для всех 1700 изображений (Full), но можно было проводить расчеты усредненных значений метрик и MOS для отдельных, определенным образом сформированных наборов, включающих не все, а только некоторые типы помех и искажений.

Характерным примером может быть набор JPEG, который включает данные только для изо-

бражений, искаженных вследствие применения сжатия с потерями, используя стандарты JPEG и JPEG2000. Проанализированные нами наборы указаны в табл. 1 (в верхней строке даны их названия, а ниже знаками “+” отмечены типы искажений, которые учтены для этих наборов).

Такая методика обработки и анализа позволила как определить наилучшие метрики для определенных групп искажений, так и выявить группы искажений, для которых та или иная метрика «работает плохо», то есть не реагирует на эти типы искажений или учитывает их неадекватно.

Обычно считается, что чем больше среднеквадратическая ошибка (mean square error, MSE) между исходным (неискаженным) изображением и его искаженным аналогом, тем хуже визуальное качество искаженного изображения. Обычно это действительно так, но только для заданного фиксированного типа искажений. Если же сравнивается визуальное качество изображений, искаженных разными типами искажений, то такой вывод совсем не однозначен. Поэтому приходится ориентироваться на MOS, значения которого в нашем случае варьируются от 0 (крайне плохое визуальное качество) до 9 (практически идеальное, наилучшее качество).

Таблица 1

Типы искажений и подмножества базы тестовых изображений TID2008

№	Тип искажения	Noise	Noise2	Noise3	Safe	Hard	Simple	JPEG	Exotic	Exotic2	Exotic3	Actual	Full
1	Аддитивный Гауссов шум	+	+	+	+	-	+	-	-	-	-	+	+
2	Аддитивный шум, неравномерно распределенный по цветовым компонентам	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
3	Пространственно коррелированный шум	+	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+
4	Маскированный шум	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-	+
5	Высокочастотный шум	+	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	+
6	Импульсный шум	+	+	+	+	-	-	-	-	-	+	+	+
7	Шум квантования	+	+	-	-	+	-	-	-	-	-	+	+
8	Размытие изображения	+	+	+	+	+	+	-	-	-	-	+	+
9	Результат подавления шума	+	-	+	-	+	-	-	-	-	-	+	+
10	Сжатие JPEG	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+
11	Сжатие JPEG2000	-	-	-	+	-	+	+	-	-	-	+	+
12	Ошибки передачи в канале данных JPEG изображения	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+
13	Ошибки передачи в канале JPEG2000 изображения	-	-	-	-	+	-	-	-	+	-	-	+
14	Локальные смещения участков изображения	-	-	-	-	+	-	-	+	+	+	-	+
15	Блочные импульсные искажения различной интенсивности	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	+
16	Искажения яркости	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+
17	Искажения контраста	-	-	-	-	-	-	-	+	+	-	-	+

## 2. Описание предлагаемой модификации

Исследования в [3, 6], показывают существенно меньшую чувствительность СВВЧ к искажениям яркости и контраста, чем к искажениям, например, вследствие присутствия аддитивного Гауссова шума. На рис. 1 показаны зависимости MOS от MSE (среднеквадратическая ошибка) для аддитивного шума, сжатия JPEG2000 [10] и импульсного шума, а на рис. 2 – зависимости MOS от MSE для искажений яркости, увеличения и уменьшения контраста. Графики получены для данных TID2008.

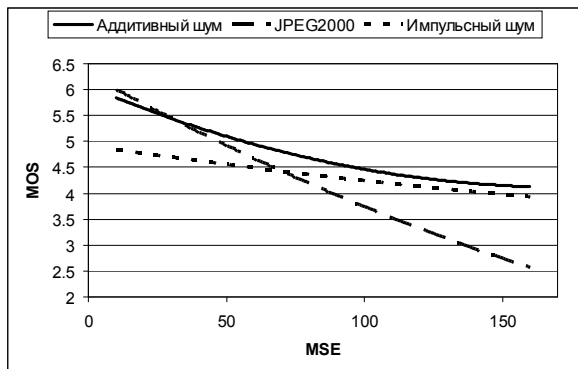


Рис. 1. Зависимость MOS от MSE для TID2008 для аддитивного шума, JPEG2000 и импульсного шума

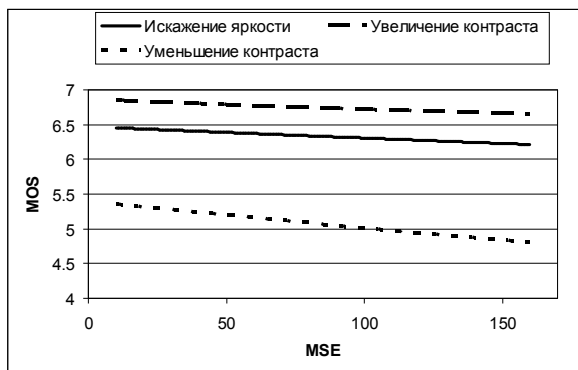


Рис. 2. Зависимость MOS от MSE для искажений яркости, увеличения и уменьшения контраста

Видно, что СВВЧ обладает наименьшей чувствительностью к увеличению контраста, затем идет изменение яркости, а вот к уменьшению контраста чувствительность СВВЧ гораздо выше, примерно такая же, как к аддитивному шуму. Также видно, что метрика MSE слабо соответствует СВВЧ, так как разница между графиками для разных искажений очень велика. Покажем теперь графики тех же зависимостей от MSE для PSNR-HVS-M [8].

Как видно из рис. 3, PSNR-HVS-M больше соответствует СВВЧ, чем обычная MSE, так как для PSNR-HVS-M разница между графиками существенно меньше, хоть и далека от идеала. В то же время PSNR-HVS-M никак не учитывает искажения

яркости и контраста, что приводит практически к полной идентичности графиков на рис. 2 и 4.

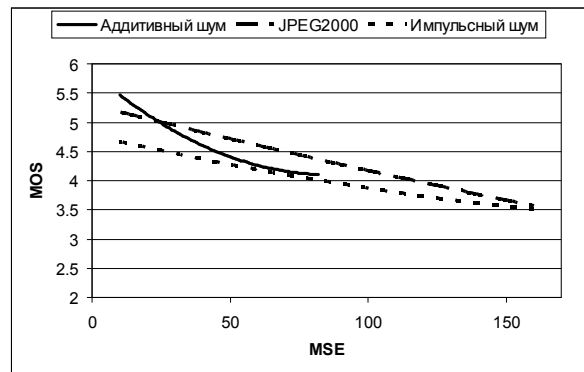


Рис. 3. Зависимость MOS от MSE (мера PSNR-HVS-M) для аддитивного шума, JPEG2000 и импульсного шума

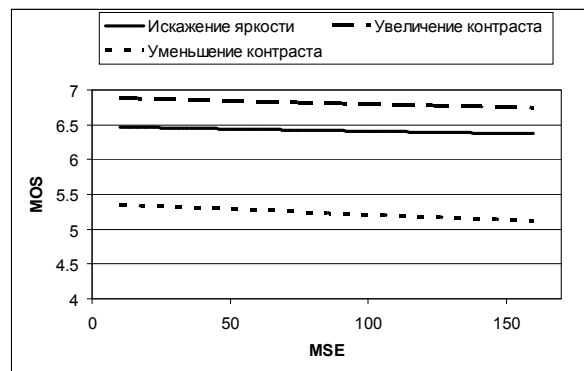


Рис. 4. Зависимость MOS от MSE (метрика PSNR-HVS-M) для TID2008 для искажений яркости, увеличения и уменьшения контраста

Нетрудно заметить, что графики на рис. 4 можно привести к графикам на рис. 3 с помощью полинома первой степени вида  $p_1 \cdot x + p_2$ . Основная сложность здесь – отследить ситуации изменения яркости и контраста, когда нужно вносить поправки в вычисление MSE. В предлагаемой модификации метрик PSNR-HVS и PSNR-HVS-M будем использовать следующий алгоритм:

1. Для заданного эталонного изображения **A** и искаженного изображения **B** вычисляется разница средних уровней  $\Delta = \bar{A} - \bar{B}$ .

2. Вычисляется изображение **C** с откорректированным значением среднего уровня  $C = B + \Delta$ .

3. Вычисляется коэффициент  $Por_{gr}$  для корректирования возможного изменения контраста:

$$Por_{gr} = \frac{\sum (A - \bar{A})(C - \bar{C})}{\sum (C - \bar{C})^2}.$$

4. Вычисляется изображение **D** с откорректированным контрастом  $D = C \cdot Por_{gr}$  (такая операция гарантирует минимальное возможное значение MSE между изображениями **A** и **D** [11]).

5. Вычисляется значение MSE-HVS (для метрики PSNR-HVS-M здесь и далее все аналогично) между изображениями **A** и **C** (обозначим полученное значение, как M1).

6. Вычисляется значение MSE-HVS между изображениями **A** и **D** (обозначим полученное значение, как M2).

7. Если M1>M2, значит, имело место изменение контраста, и M1 корректируется в соответствии с выражением

$$M1 = M2 + \begin{cases} (M1 - M2) \text{Coef1}, & \text{Popr} < 1; \\ (M1 - M2) \text{Coef2}, & \text{Popr} \geq 1. \end{cases}$$

8. Итоговая MSE вычисляется как

$$M = M1 + \text{Delt}^2 * \text{Coef3}.$$

9. Далее по полученному значению M вычисляется значение предложенной модификации метрики, которую будем обозначать как PSNR-НА (PSNR-HMA для модификации метрики PSNR-HVS-M):

$$\text{PSNR-НА} = 10 \log_{10} \left( \frac{255^2}{M} \right).$$

Коэффициенты Coef1 и Coef2 являются соответственно поправочными коэффициентами для учета ошибок, вносимых увеличением и уменьшением контраста изображения, а Coef3 – для учета ошибки, вносимой изменением яркости изображения.

При работе с цветными изображениями исходное и искаженное изображения переводятся в цветовое пространство YCbCr, а затем ошибка M вычисляется отдельно для каждой цветовой компоненты. Итоговые ошибки MY, MCb и MCr усредняются следующим образом:

$$(MY + MCb * \text{Coef4} + MCr * \text{Coef4}) / (1 + 2 * \text{Coef4}).$$

Для получения значений коэффициентов Coef1–Coef4 в данной работе использовались мето-

ды численной оптимизации (метод Монте-Карло и табличный метод) и данные базы тестовых изображений TID2008. Для каждого набора поправочных коэффициентов вычислялось значение коэффициента корреляции Спирмена с MOS. Задачей оптимизации являлась максимизация значения этой корреляции. В итоге были получены следующие значения поправочных коэффициентов: Coef1=0,002; Coef2=0,25; Coef3=0,04; Coef4=0,5.

### 3. Верификация предложенной метрики визуального качества

Для верификации предложенных метрик PSNR-НА и PSNR-HMA были найдены значения корреляций Спирмена и Кендалла для этих метрик и еще для 16-ти метрик: PSNR-HVS, PSNR-HVS-M (PSNRHVSM), MSSIM, VIF [12], VSNR [13], SSIM [4], NQM [14], UQI [15], XYZ [16], IFC [17], WSNR [18], DCTUNE [19], SNR и PSNR. В табл. 2 и 3 приведены соответственно значения корреляции Спирмена и Кендалла для подмножеств TID2008.

Как видно из данных табл. 2 и 3, именно благодаря лучшему учету искажений яркости и контраста (входящих в подмножества Exotic и Exotic2) метрики PSNR-НА и PSNR-HMA существенно превосходят свои прототипы PSNR-HVS и PSNR-HVS-M на множестве всех изображений базы TID2008.

При этом PSNR-НА является наилучшей из всех рассмотренных метрик по соответствию СБВЧ в соответствии с обеими ранговыми корреляциями. В то же время для подмножества Actual (искажения, соответствующие задачам фильтрации и сжатия изображений) лучшей является другая предложенная метрика – PSNR-HMA, учитывающая, в отличие от PSNR-НА, эффекты маскирования.

Таблица 2

Значения корреляции Спирмена для рассмотренных метрик

№	Метрика	Noise	Noise2	Noise3	Safe	Hard	Simple	JPEG	Exotic	Exotic2	Exotic3	Actual	Full
1	PSNR-НА	<b>0,922</b>	<b>0,917</b>	<b>0,930</b>	<b>0,933</b>	<b>0,819</b>	<b>0,939</b>	<b>0,966</b>	<b>0,803</b>	<b>0,821</b>	0,622	<b>0,924</b>	<b>0,868</b>
2	MSSIM	0,813	0,850	0,830	0,849	<b>0,874</b>	0,898	0,957	<b>0,728</b>	<b>0,811</b>	<b>0,673</b>	0,868	<b>0,853</b>
3	PSNR-HMA	<b>0,932</b>	0,912	<b>0,936</b>	<b>0,940</b>	0,811	<b>0,943</b>	<b>0,973</b>	<b>0,822</b>	<b>0,814</b>	0,591	<b>0,934</b>	<b>0,846</b>
4	VIF	0,820	0,900	0,835	0,908	<b>0,844</b>	0,935	0,956	0,531	0,671	0,045	0,841	0,750
5	VSNR	0,857	0,896	0,859	0,888	0,735	0,906	0,930	0,554	0,597	0,490	0,869	0,705
6	SSIM	0,562	0,637	0,570	0,632	0,812	0,769	0,901	0,385	0,594	0,163	0,726	0,645
7	NQM	0,865	0,887	0,865	0,896	0,733	0,903	0,932	0,602	0,432	0,517	0,874	0,624
8	UQI	0,526	0,599	0,485	0,638	0,759	0,784	0,860	0,292	0,546	0,156	0,677	0,600
9	PSNR-HVS	0,917	<b>0,933</b>	<b>0,930</b>	0,932	0,791	<b>0,939</b>	<b>0,966</b>	0,275	0,324	0,541	0,920	0,594
10	XYZ	0,848	0,834	0,872	0,822	0,791	0,820	0,815	0,155	0,188	<b>0,679</b>	0,829	0,577
11	IFC	0,663	0,743	0,673	0,775	0,736	0,817	0,898	-0,269	0,276	-0,075	0,732	0,569
12	PSNRHVSM	<b>0,918</b>	<b>0,930</b>	0,922	<b>0,936</b>	0,783	<b>0,942</b>	<b>0,971</b>	0,274	0,287	0,518	<b>0,929</b>	0,559
13	SNR	0,712	0,687	0,698	0,699	0,646	0,794	0,805	0,227	0,290	0,561	0,760	0,523
14	PSNR	0,704	0,612	0,698	0,689	0,697	0,799	0,877	0,248	0,308	<b>0,671</b>	0,794	0,525
15	WSNR	0,897	0,908	0,892	0,921	0,776	0,931	0,949	0,157	0,059	0,544	0,900	0,488
16	DCTUNE	0,864	0,881	0,868	0,877	0,703	0,902	0,933	0,529	0,260	0,556	0,860	0,476

Таблица 3

Значения корреляции Кендалла для рассмотренных метрик

№	Метрика	Noise	Noise2	Noise3	Safe	Hard	Simple	JPEG	Exotic	Exotic2	Exotic3	Actual	Full
1	PSNR-HA	<b>0,757</b>	<b>0,751</b>	<b>0,762</b>	<b>0,775</b>	<b>0,643</b>	<b>0,788</b>	<b>0,837</b>	<b>0,596</b>	<b>0,624</b>	0,451	<b>0,757</b>	<b>0,689</b>
2	PSNR-HMA	<b>0,770</b>	0,742	<b>0,770</b>	<b>0,785</b>	0,632	<b>0,792</b>	<b>0,857</b>	<b>0,616</b>	<b>0,614</b>	0,418	<b>0,773</b>	<b>0,660</b>
3	MSSIM	0,609	0,650	0,631	0,649	<b>0,676</b>	0,719	0,818	<b>0,522</b>	<b>0,604</b>	<b>0,478</b>	0,675	<b>0,654</b>
4	VIF	0,634	0,729	0,645	0,742	<b>0,660</b>	0,776	0,814	0,370	0,499	0,092	0,657	0,586
5	VSNR	0,665	0,713	0,663	0,701	0,546	0,725	0,764	0,377	0,418	0,372	0,677	0,534
6	PSNR-HVS	0,751	<b>0,780</b>	<b>0,766</b>	0,772	0,614	0,785	<b>0,837</b>	0,195	0,238	0,385	0,750	0,476
7	SSIM	0,388	0,450	0,388	0,437	0,618	0,564	0,718	0,266	0,431	0,139	0,527	0,468
8	NQM	0,673	0,704	0,677	0,713	0,541	0,720	0,766	0,428	0,288	0,349	0,678	0,461
9	PSNRHVSM	<b>0,752</b>	<b>0,771</b>	0,755	<b>0,778</b>	0,606	<b>0,789</b>	<b>0,847</b>	0,194	0,210	0,364	<b>0,765</b>	0,449
10	UQI	0,363	0,420	0,330	0,454	0,565	0,587	0,666	0,196	0,389	0,115	0,489	0,435
11	XYZ	0,654	0,641	0,677	0,631	0,594	0,638	0,633	0,104	0,138	<b>0,480</b>	0,638	0,434
12	IFC	0,477	0,547	0,482	0,581	0,552	0,624	0,714	-0,156	0,208	0,004	0,542	0,426
13	WSNR	0,714	0,736	0,712	0,753	0,586	0,766	0,797	0,107	0,047	0,379	0,715	0,393
14	SNR	0,512	0,492	0,498	0,497	0,464	0,593	0,604	0,154	0,205	0,396	0,558	0,374
15	DCTUNE	0,683	0,711	0,690	0,701	0,527	0,735	0,791	0,357	0,170	0,379	0,676	0,372
16	PSNR	0,501	0,424	0,490	0,486	0,516	0,598	0,692	0,178	0,225	<b>0,488</b>	0,593	0,369

На рис. 5 приведена скаттерграмма значений PSNR-HVS и соответствующих им значений MOS, а на рис. 6 – соответствующая скаттерграмма для предложенной метрики PSNR-HA.

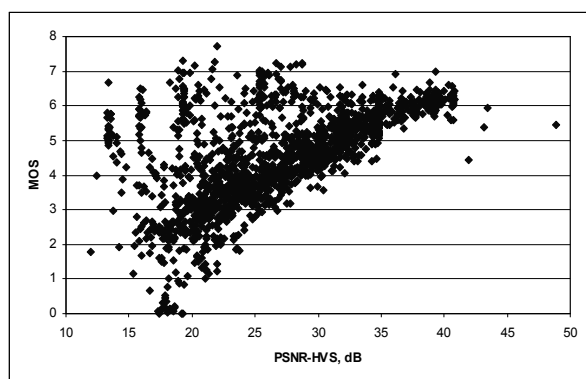


Рис. 5. Скаттерграмма значений PSNR-HVS и соответствующих им значений MOS

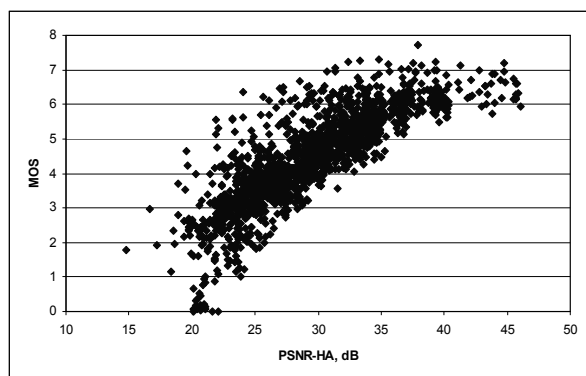


Рис. 6. Скаттерграмма значений PSNR-HA и соответствующих им значений MOS

Хорошо видно, что большое количество аномальных точек на рис. 5 отсутствует на скаттерграмме на рис. 6, что также свидетельствует о более высокой степени соответствия СВВЧ для PSNR-HA.

## Заключение

В работе предложена модификация метрик визуального качества PSNR-HVS и PSNR-HVS-M, учитывающая особенности восприятия человеком искажений яркости и контраста изображений. С помощью базы тестовых изображений TID2008 показано, что предложенная метрика обладает наилучшим соответствием СВВЧ среди всех известных метрик качества. В то же время достигнутые показатели корреляции с MOS остаются далекими от идеальных, что делает актуальным проведение дальнейших исследований в этой области.

## Литература

1. Keelan B.W. *Handbook of Image Quality* / B.W. Keelan. – New York, USA: Marcel Dekker, 2002. – 516 p.
2. Pratt W.K. *Digital Image Processing (4th Edition)* / W.K. Pratt. – Hoboken, USA: Wiley-Interscience, 2007. – 782 p.
3. *Metrics performance comparison for color image database* / N. Ponomarenko, F. Battisti, K. Egiazarian, J. Astola, V. Lukin // *Proc. of the Fourth Int. Workshop on Video Proc. and Quality Metrics*. – USA, 2009. – 4 p. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.
4. *Image quality assessment: from error visibility to structural similarity* / Z. Wang, A. Bovik, H. Sheikh, E. Simoncelli // *IEEE Transactions on Image Processing*. – 2004. – Vol. 13, issue 4, April. – P. 600-612.
5. Sheikh H.R. *A Statistical Evaluation of Recent Full Reference Image Quality Assessment Algorithms* / H.R. Sheikh, M.F. Sabir, F.C. Bovik // *IEEE Trans. on Image Proc.* – 2006. – Vol. 15, no. 11. – P. 3441-3452.
6. *Color Image Database for Evaluation of Image Quality Metrics* / N. Ponomarenko, M. Carli, V. Lukin, K. Egiazarian, J. Astola, F. Battisti // *Proc. of Intern. Workshop on Multimedia Signal Processing*. – Cairns, Australia, 8-10 Oct. 2008. – P. 403-408.

7. Wang Z. Multi-scale structural similarity for image quality assessment / Z. Wang, E.P. Simoncelli, A.C. Bovik // *IEEE ACSSC. – San Francisco, USA, 9-12 Nov. 2003. – P. 1398-1402.*

8. On between-coefficient contrast masking of DCT basis functions [Электронный ресурс] / N. Ponomarenko, F. Silvestri, K. Egiazarian, M. Carli, J. Astola, V. Lukin / *Proc. of the Third Int. Workshop on Video Proc. and Quality Metrics. – Scottsdale, USA, 25-26 January 2007. – 4 p. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.*

9. New full-reference quality metrics based on HVS [Электронный ресурс] / K. Egiazarian, J. Astola, N. Ponomarenko, V. Lukin, F. Battisti, M. Carli // *Proc. of the Second Int. Workshop on Video Proc. and Quality Metrics. – Scottsdale, USA, 22-24 January, 2006. – 4 p. 1 электрон. опт. диск (CD-ROM); 12 см.*

10. Taubman D. *JPEG 2000: Image Compression Fundamentals, Standards and Practice* / D. Taubman, M. Marcellin. – Boston, USA: Kluwer, 2002. – 773 p.

11. Ponomarenko N. Acceleration of fractal image compression by correlation trees / N. Ponomarenko, K. Egiazarian, V. Lukin // *Interdisciplinary Applications of Fractal and Chaos Theory, Editura Academiei Romane, Editors R. Dobrescu, C. Valilescu. – 2004. – P. 75-84.*

12. Sheikh H.R. Image information and visual quality / H.R. Sheikh, A.V. Bovik // *IEEE Trans. on Image Processing. – 2006. – Vol. 15, no. 2. – P. 430-444.*

13. Chandler D.M. *VSNR: A Wavelet-Based Visual Signal-to-Noise Ratio for Natural Images* / D.M. Chandler, S.S. Hemami // *IEEE Transactions on Image Proc. – 2007. – Vol. 16 (9). – P. 2284-2298.*

14. *Image Quality Assessment Based on a Degradation Model* / N. Damera-Venkata, T. Kite, W. Geisler, B. Evans, A. Bovik // *IEEE Trans. on Image Processing. – 2000. – Vol. 9. – P. 636-650.*

15. Wang Z. A universal image quality index / Z. Wang, A. Bovik // *IEEE Signal Processing Letters. – 2000. – Vol. 9. – P. 81-84.*

16. Kolpatzik B.W. *Optimized Universal Color Palette Design for Error Diffusion* / B.W. Kolpatzik, C.A. Bouman // *Journal Electronic Imaging. – 1995. – Vol. 4. – P. 131-143.*

17. Sheikh H.R. An information fidelity criterion for image quality assessment using natural scene statistics / H.R. Sheikh, A.C. Bovik, G. de Veciana // *IEEE Trans. on Image Proc. – 2005. – Vol. 14. – P. 2117-2128.*

18. Mitsa T. Evaluation of contrast sensitivity functions for the formulation of quality measures incorporated in halftoning algorithms / T. Mitsa, K. Varkur // *ICASSP. – Minneapolis, USA, April 1993. – P. 301-304.*

19. Watson A.B. *DCTune: A technique for visual optimization of DCT quantization matrices for individual images* / A.B. Watson // *Soc. Inf. Display Dig. Tech. Papers. – 1993. – Vol. XXIV. – P. 946-949.*

Поступила в редакцію 4.02.2009

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., проф. кафедри проектування радіоелектронних систем летальних апаратів В.К. Волосюк, Національний аерокосмічний університет ім. Н.Е. Жуковського "ХАІ", Харків.

## МЕТРИКА ВІЗУАЛЬНОЇ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ КОРЕКТНОГО УРАХУВАННЯ СПОТВОРЕНЬ ЯСКРАВОСТІ ТА КОНТРАСТУ

*М.М. Пономаренко, О.І. Еремєєв, В.В. Лукін*

Запропоновано модифікацію метрики візуальної якості зображень PSNR-HVS, яка враховує різні чутливість системи візуального сприйняття людини до спотворень яскравості та контрасту зображень. Виконано оптимізацію параметрів запропонованої метрики з застосуванням бази тестових зображень TID2008. Для запропонованої метрики та низки відомих метрик отримано значення кореляції між значеннями метрики та усередненим візуальним сприйняттям людини. Показано, що для TID2008 розроблена метрика є найкращою з відомих метрик за ступенем відповідності до сприйняття людини.

**Ключові слова:** метрики візуальної якості зображень, фільтрація зображень, стиск зображень.

## IMAGE VISUAL QUALITY METRIC FOR ACCOUNTING BRIGHTNESS AND CONTRAST DISTORTIONS

*N.N. Ponomarenko, O.I. Eremeev, V.V. Lukin*

A modification of metric PSNR-HVS which takes into account different sensitivity of human visual system to distortions of brightness and contrast is proposed. Optimization of parameters of the proposed metric is done by using of test image database TID2008. Values of correlation between the proposed metric and mean opinion score are obtained. It is shown that the proposed metric is the best known metric by correspondence to human perception.

**Key words:** image visual quality metrics, image denoising, image lossy compression.

**Пonomarenko Николай Николаевич** – канд. техн. наук, докторант кафедри приёма, передачі и обработки сигналов, Национальный аерокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: nikolay@ponomarenko.info.

**Еремеев Олег Игоревич** – магистр кафедри приёма, передачі и обработки сигналов, Национальный аерокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

**Лукін Владимир Васильевич** – д-р техн. наук, профессор кафедри приёма, передачі и обработки сигналов, Национальный аерокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: lukin@xai.kharkov.ua