

УДК 621.3:681.34

В. П. ШВЕЦ, В. В. ЛУКИН

*Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Украина***АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК ИСКАЖЕНИЙ ПРИ СЖАТИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ
СОВРЕМЕННЫМИ МЕТОДАМИ НА ОСНОВЕ ДКП**

Обоснована целесообразность изучения статистических и пространственных спектральных характеристик искажений, внесенных методами сжатия изображений с потерями на основе дискретного косинусного преобразования. Показано, что закон распределения искажений близок к нормальному при малых значениях коэффициента сжатия (КС), но может заметно отличаться от нормального при больших значениях КС. Внесенные искажения практически некоррелированы или слабо коррелированы. Уровень внесенных искажений локально изменчив и наибольшие искажения вносятся на локально-активных участках изображений. При одном и том же шаге квантования ДКП-коэффициентов статистические характеристики внесенных искажений могут существенно отличаться.

Ключевые слова: анализ, искажения, сжатие с потерями.

Введение

Резкое увеличение объема информационных данных, получаемых различными системами формирования изображений, включая системы дистанционного зондирования с авиационных или космических носителей, следящие системы, диагностические комплексы и т.п. привело к необходимости применения сжатия сигналов, изображений и видео [1, 2]. При этом как при передаче данных, так и при их хранении все чаще приходится применять методы сжатия с потерями [2, 3]. Это обусловлено тем, что методы сжатия без потерь часто не обеспечивают желаемый КС, значение которого к тому же нельзя варьировать.

Методы сжатия с потерями позволяют обеспечивать значительно больший КС (десятки), но при этом вносятся потери, которые могут быть недопустимо большими [3, 4]. Поэтому приходится искать приемлемый на практике компромисс и принимать во внимание специфику вносимых искажений. Например, при использовании стандарта JPEG [5] заметными могут быть блочные эффекты, а при применении стандарта JPEG2000 – эффекты Гиббса (ringing artifacts) [3]. Поэтому продолжают разрабатываться методы сжатия с потерями, которые бы обладали лучшими (по сравнению с упомянутыми выше стандартами) характеристиками. Под лучшими характеристиками понимается либо большее значение КС при одном и том же значении метрики качества либо лучшее значение метрики качества при одном и том же значении КС.

Анализ и сравнение методов сжатия обычно проводится на основе кривых искажения-КС (rate

distortion curve) [4], однако более подробный анализ свойств искажений, вносимых методами сжатия с потерями, проводится нечасто. Однако такой анализ необходим, поскольку он позволяет определить, в какой степени тот или иной метод сжатия с потерями способен удовлетворить требования качества сервиса (Quality of Service – QoS), которые в последнее время выходят на первый план для мультимедийных и многих других приложений [6].

Вместе с тем, на данный момент требования к искажениям, вносимым методами сжатия с потерями, четко не сформулированы. Лишь в работе [7] авторы утверждают, что желательно, чтобы вносимые искажения имели распределение, близкое к нормальному. Из опыта исследований визуального качества для баз искаженных изображений [8] также следует, что пространственные корреляционные характеристики внесенных искажений могут оказывать заметное влияние на визуальное качество изображений (их восприятие людьми).

Эти соображения обусловили **цель** данной работы – провести исследование статистических и пространственных спектральных характеристик искажений, вносимых сжатием с потерями при использовании современных методов на основе ДКП, превосходящих по эффективности известные стандарты. Речь идет, прежде всего, о разработанных с участием сотрудников ХАИ кодерах AGU и ADCT [9, 10].

Сведения о свойствах искажений

Прежде всего, обратимся к результатам, полученным ранее для изображений с разными уровнями

и типами искажений, визуальное качество которых оценивалось большим количеством добровольцев (участников экспериментов из нескольких стран). Напомним некоторые свойства изображений в базе TID2013 [8] и особенности выполнения и представления результатов экспериментов. В базе есть 25 тестовых цветных изображений, на основе каждого из которых созданы 120 изображений с искажениями (5 уровней искажений и 24 типа искажений). Искажения для пяти уровней подобраны таким образом, чтобы пиковое отношение сигнал-шум было равно 33, 30, 27, 24 и 21 дБ. Уровень 33 дБ (У1 в табл. 1) соответствует изображениям высокого качества, для некоторых из которых искажения практически не видны или их сложно заметить. Уровни 24 и 21 дБ (У4 и У5) соответствуют изображениям низкого качества. Уровни 27 и 30 дБ (У3 и У2) соответствуют изображениям среднего и относительно высокого уровня.

Для каждого изображения в результате обработки мнений участников экспериментов получают усредненную оценку (MOS – mean opinion score). Далее полученные значения MOS можно усреднить для данного типа и уровня искажений по всем тестовым изображениям. Именно такие усредненные значения приведены в таблице 1 для пяти типов искажений: аддитивного белого гауссова шума (АБГШ), пространственно-коррелированного гауссова шума (ПКГШ), импульсного шума (ИШ), обусловленных сжатием JPEG (JPEG) и JPEG2000 (J2000). Значения MOS порядка 5,5 и выше соответствуют высокому качеству, значения ниже 3 – очень низкому.

Таблица 1
MOS для пяти уровней и пяти типов искажений

№	Тип иск.	У1	У2	У3	У4	У5
1	АБГШ	5,67	5,22	4,85	4,25	3,77
3	ПКГШ	4,76	4,24	3,71	3,20	2,70
6	ИШ	4,72	4,36	3,99	3,64	3,21
10	JPEG	5,94	5,70	4,92	3,31	2,08
11	J2000	5,65	5,03	3,92	2,80	1,28

Анализ приведенных в таблице данных показывает следующее:

- 1) для более высоких уровней искажений значения MOS более низкие независимо от типа искажений;
- 2) если для первого уровня наиболее высокий MOS имеет место для искажений, обусловленных JPEG, то для уровня У5 – АБГШ;
- 3) ИШ (как специфический вид негауссова шума) воспринимается хуже, чем АБГШ;

4) ПКГШ воспринимается (при прочих равных условиях) хуже, чем АБГШ;

5) искажения, обусловленные сжатием JPEG2000, воспринимаются хуже, чем искажения при сжатии JPEG.

Таким образом, при сжатии с потерями желательно, чтобы распределение искажений не имело тяжелых хвостов (они не выглядели как импульсные помехи) и искажения не выглядели как пространственно-коррелированный шум (были практически некоррелированными). Посмотрим, такие ли свойства имеют искажения для существующих методов сжатия с потерями.

Основные подходы к анализу искажений

На данном этапе рассмотрим случай сжатия одноканального изображения, представленного двумерным массивом 8-битных чисел $I_{ij}, i=1, \dots, N_I; j=1, \dots, N_J$, N_I и N_J определяют размеры изображения. После сжатия получаем $I_{ij}^c, i=1, \dots, N_I; j=1, \dots, N_J$, а внесенные искажения описываются как

$$\Delta_{ij} = I_{ij} - I_{ij}^c, i=1, \dots, N_I; j=1, \dots, N_J. (1)$$

Можно предположить, что эти искажения имеют среднее, близкое к нулю, но сложно выдвинуть какие-либо еще гипотезы относительно статистических или пространственных корреляционных свойств искажений. Поэтому проанализируем их с помощью достаточно стандартных методик.

Первое, что будет нас интересовать, – являются ли искажения гауссовыми или нет? В этом плане можно использовать стандартные тесты на гауссовость [11], но они не показывают, насколько тяжелым является хвост распределения, если оно оказывается негауссовым, и является ли распределение симметричным. Поэтому будем определять и анализировать математическое ожидание, дисперсию, коэффициенты асимметрии и эксцесса. Два последних коэффициента близки к нулю, если закон распределения случайной величины (случайного процесса) близок к нормальному.

Традиционным подходом к анализу пространственных корреляционных свойств является определение пространственного спектра в базе Фурье [11] (или какого-то другого ортогонального преобразования, например, дискретного косинусного преобразования (ДКП) [12]) или двумерной автокорреляционной функции (при этом часто достаточно анализировать ее основные сечения по обеим координатам).

Анализ будем проводить для достаточно большого числа тестовых изображений. Шесть из них – Baboon, Boat, Fly, Grass, Lena, Pole – в большей или меньшей мере известны специалистам, работающим в области обработки оптических изображений. Два других – Frisco и Diego – достаточно часто используются при анализе методов обработки данных дистанционного зондирования. Выбор этих тестовых изображений обусловлен следующими соображениями. Во-первых, сжатие с потерями применяется для изображений разного типа (происхождения). Во-вторых, при анализе любых методов обработки изображений желательно использовать изображения разной степени сложности (насыщенности) [8]. Наиболее простыми являются изображения Fly, Pole и Frisco, наиболее сложными (насыщенными) – изображения Baboon, Grass и Diego. Размер изображений – стандартный, 512x512 пикселей.

Необходимо также отметить ряд особенностей исследуемых методов сжатия с потерями. Кодер AGU использует блоки фиксированного размера 32x32 пикселя, в которых выполняется двумерное ДКП, современные методы кодирования квантованных ДКП-коэффициентов и деблокинг после декомпрессии. Кодер ADCT использует схемы разбиения, адаптированные под контекст изображения, подлежащего сжатию. Принцип сжатия подобен JPEG, то есть после выполнения двумерного ДКП в блоках осуществляется квантование ДКП коэффициентов и кодирование полученных квантованных значений.

КС для обоих методов сжатия варьируется изменением шага квантования (ШК), где значения ШК меньше 15 примерно соответствуют визуальной незаметности искажений [4]. Поэтому имеет смысл провести анализ характеристик искажений при ШК<15, ШК=15 и несколько больших значениях ШК.

Анализ полученных результатов

Начнем анализ с результатов, полученных для ШК=5. В таблице 2 приведены данные статистического анализа $\Delta_{ij} = I_{ij} - I_{ij}^C, i = 1, \dots, N_I; j = 1, \dots, N_J$.

В таблице 2 приведены значения среднеквадратической ошибки (СКОш) внесенных искажений, коэффициента эксцесса (КС), коэффициента асимметрии (КА) и коэффициента сжатия (КС).

Значения математического ожидания искажений практически равны нулю во всех рассмотренных нами случаях, поэтому приводить их в таблицах не будем.

Анализ показывает, что при одном и том же значении ШК значения коэффициента сжатия существенно отличаются, причем для насыщенных изображений они в несколько раз меньше, чем для нена-

сыщенных (изображений с относительно простой структурой и большим процентом пикселей, принадлежащих однородным участкам). Одновременно для более насыщенных изображений наблюдаются и большие значения СКОш, которые примерно равны $(ШК)^2/12$. При этом для ненасыщенных изображений СКОш может быть заметно меньше. Для насыщенных изображений искажения имеют практически гауссово распределение (см. гистограмму значений искажений на рис. 1а), а для ненасыщенных имеются отличия от гауссова распределения. При этом искажения являются практически некоррелированными для всех рассмотренных тестовых изображений (см. пример основного сечения на рис. 1б).

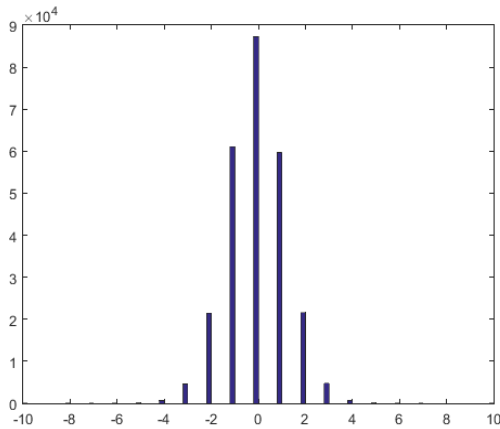
Таблица 2
Статистические характеристики искажений для кодера ADCT при ШК=5

Изобр.	СКОш	КЭ	КА	КС
Baboon	2,15	-0,01	0,0042	2,23
Boat	2,08	0,01	-0,0024	3,42
Fly	1,54	0,37	0,0117	6,64
Grass	2,14	0,00	0,0039	1,64
Lena	2,16	0,09	-0,0233	4,51
Pole	1,28	0,88	-0,0092	7,38
Frisco	1,01	0,38	-0,011	9,48
Diego	2,15	-0,01	-0,011	2,18

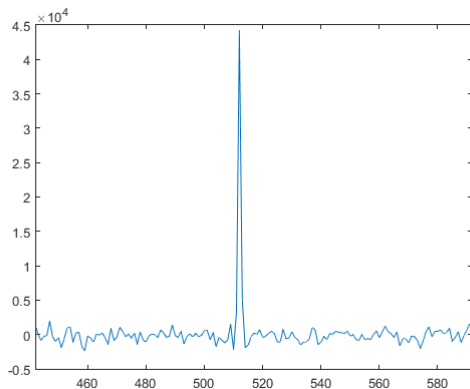
Таблица 3
Статистические характеристики искажений для кодера AGU при ШК=5

Изобр.	СКОш	КЭ	КА	КС
Baboon	2,13	-0,01	-0,0077	2,22
Boat	1,96	0,01	-0,0062	3,21
Fly	1,44	0,33	0,0173	5,46
Grass	2,14	0,03	0,0051	1,65
Lena	1,87	0,04	0,0013	4,06
Pole	1,26	0,59	0,0084	5,15
Frisco	0,92	0,36	0,0007	8,82
Diego	2,15	-0,03	-0,0022	2,16

В табл. 3 представлены данные для кодера AGU. Как видно, они подобны данным в таблице 2. Основные отличия заключаются в заметно меньших значениях КС для слабонасыщенных изображений Fly, Pole и Frisco. Собственно, преимущества ADCT по сравнению с AGU и состоят в том, что благодаря использованию схемы разбиения удается повысить КС (при том же уровне вносимых искажений). При этом на оптимизацию схемы разбиения затрачиваются дополнительные время и вычислительные ресурсы, что является недостатком ADCT и ограничивает применение этого метода сжатия.



а



б

Рис. 1. Характеристики искажений для тестового изображения Fly для кодера ADCT при КК=5: а - гистограмма значений; б – центральная часть основного сечения двумерной АКФ

Нами были также проанализированы особенности вносимых искажений. Они больше для тех локально-активных участков, где изображение описывается большим количеством «значимых» ДКП-коэффициентов, к которым в процессе сжатия данных применяется квантование и, соответственно, вносятся искажения. Однако при ШК=5 искажения незаметны – напомним, что если искажения не сосредоточены в одном месте изображения, а более-менее равномерно распределены по всему изображению, то они начинают быть заметными при пиковом отношении сигнал-шум (ПОСШ) порядка 35-40 дБ, то есть при СКОш порядка 6-20. Но при ШК=5 даже максимальные наблюдаемые значения СКОш заметно меньше.

Рассмотрим теперь случай ШК=15. Полученные при таком ШК результаты сведены в таблицы 4 и 5. Как следует из анализа данных в табл. 4, значения СКОш по-прежнему самые большие для насыщенных изображений, причем эти СКОш примерно равны $(ШК)^2/12$. Вместе с тем, для средне и слабо-насыщенных тестовых изображений имеют место

значения СКОш, которые в разы меньше. Таким образом, при увеличении ШК сначала (при малых ШК) СКОш растет примерно пропорционально квадрату ШК, а затем заметно медленней. Эта особенность должна быть учтена при прогнозировании СКОш или ПОСШ внесенных искажений.

Естественно, что в увеличение ШК привело к большим значениям КС (сравните соответствующие друг другу данные в таблицах 2 и 4). При этом КС продолжает оставаться наименьшим для насыщенных изображений. Важен другой факт – искажения становятся все более негауссовыми (см. гистограмму на рис. 2). Фактически лишь для высокотекстурных изображений (например, Grass) можно говорить о нормальном законе распределения искажений.

Анализ показал, что искажения практически пространственно некоррелированы. Искажения больше в локально-активных областях изображений.

Данные, представленные в табл. 5, свидетельствуют о том, что для AGU наблюдаются те же тенденции и закономерности, что и для ADCT. Количество тестовых изображений, для которых искажения нельзя считать нормальными, увеличивается. Все более заметными становятся и отличия КС для слабо-насыщенных изображений для рассматриваемых методов сжатия. При примерно одинаковом уровне внесенных искажений отличия в КС достигают 20%.

Таблица 4

Статистические характеристики искажений для кодера ADCT при ШК=15

Изобр.	СКОш	КЭ	КА	КС
Baboon	17,58	0,14	-0,011	4,07
Boat	13,15	0,43	0,029	8,77
Fly	5,85	3,31	-0,053	14,22
Grass	18,12	0,03	0,00	2,45
Lena	9,92	1,59	-0,16	14,97
Pole	4,81	6,36	0,078	13,72
Frisco	4,21	2,19	-0,057	23,27
Diego	18,13	0,07	0,001	3,87

Таблица 5

Статистические характеристики искажений для кодера AGU при ШК=15

Изобр.	СКОш	КЭ	КА	КС
Baboon	16,11	0,08	-0,002	3,83
Boat	11,56	0,30	0,013	7,37
Fly	5,91	4,80	-0,10	11,94
Grass	18,14	0,04	0,00	2,45
Lena	9,20	1,29	-0,13	12,51
Pole	5,35	2,52	0,017	10,03
Frisco	3,86	1,64	-0,020	19,69
Diego	16,87	0,02	0,007	3,71

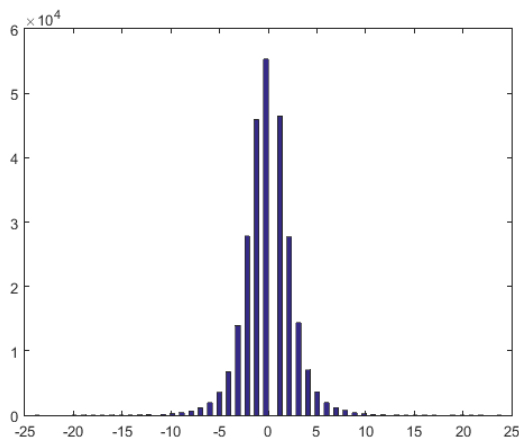


Рис. 2. Гистограмма значений искажений для тестового изображения Fly для кодера ADCT при $KK=15$

Перейдем к рассмотрению результатов для $ШК=20$. Данные приведены в табл. 6 и 7. Очевидно, что СКОш внесенных искажений и значения КС еще больше, чем при $ШК=15$. Для пяти тестовых изображений (средней и слабой насыщенности) искажения негауссовы (значения КЭ существенно отличаются от нуля). Это подтверждает и гистограмма, приведенная на рис. 3а. Искажения по-прежнему пространственно некоррелированы (см. сечение двумерной АКФ на рис. 3б).

Таблица 6

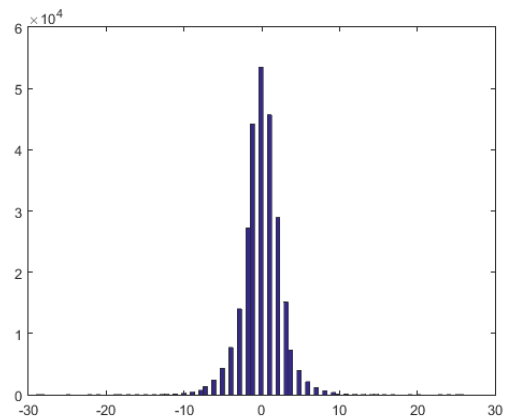
Статистические характеристики искажений для кодера ADCT при $ШК=20$

Изобр.	СКОш	КЭ	КА	КС
Baboon	29,39	0,25	-0,021	5,10
Boat	19,00	0,68	0,030	11,97
Fly	8,60	4,75	-0,135	17,74
Grass	31,94	0,04	-0,0024	2,81
Lena	12,89	1,95	-0,17	19,81
Pole	7,24	9,12	0,12	16,73
Frisco	6,01	2,84	-0,11	28,44
Diego	31,62	0,20	-0,023	4,92

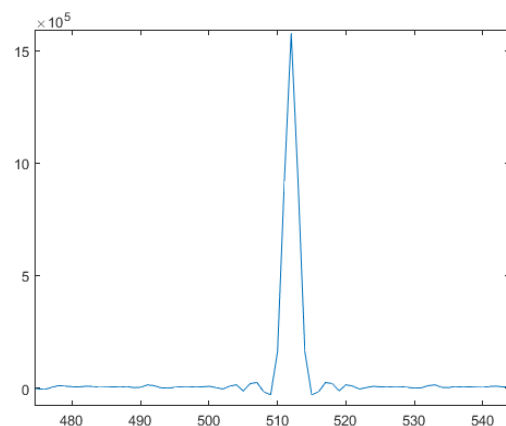
Таблица 7

Статистические характеристики искажений для кодера AGU при $ШК=20$

Изобр.	СКОш	КЭ	КА	КС
Baboon	16,11	0,08	-0,002	3,83
Boat	11,56	0,30	0,013	7,37
Fly	5,91	4,80	-0,10	11,94
Grass	18,14	0,04	0,00	2,45
Lena	9,20	1,29	-0,13	12,51
Pole	5,35	5,52	0,017	10,03
Frisco	5,52	2,13	-0,070	25,6
Diego	27,82	0,06	0,0006	4,49



а



б

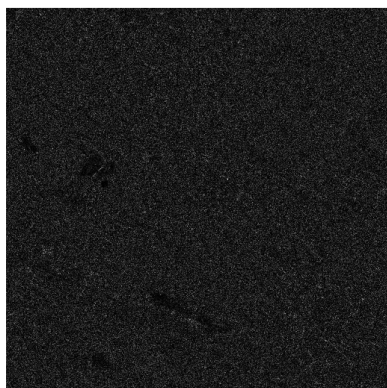
Рис. 3. Характеристики искажений для тестового изображения Frisco для кодера ADCT при $KK=20$: а - гистограмма значений; б - центральная часть основного сечения двумерной АКФ

Анализ данных для кодера AGU (табл. 7) показывает, что имеют место те же закономерности, что и для кодера ADCT. Искажения становятся визуально заметными. На рис. 4 показано тестовое изображение Diego и визуализированный модуль искажений. Хорошо видно, что искажения более интенсивны на тех участках изображения, где больше деталей. Однако это не значит, что все эти искажения визуально заметны, поскольку такие объекты, как текстуры, обладают способностью маскировать искажения.

Тенденция к негауссовости искажений, вносимых сжатием с потерями при использовании методов сжатия с потерями на основе ДКП, может быть одной из причин, по которым изображения с большим СКОш, внесенных сжатием искажений, воспринимаются хуже, чем искаженные аддитивными помехами при том же ПОСШ (см. данные в табл. 1 для 4-го и пятого уровней искажений).



а



б

Рис. 4. Тестовое изображение Diego (а) и визуализированный модуль искажений (б)

Выводы

Проведен анализ статистических и корреляционных характеристик искажений, вносимых современными методами сжатия на основе ДКП в одноканальные изображения. Показано, что искажения практически некоррелированы. По мере увеличения ШК наблюдается тенденция к тому, что искажения становятся негауссовыми. Кроме того, искажения имеют разный уровень на разных участках изображений, проявляясь в большей степени на локально-активных участках.

Литература

1. Pratt, W. K. *Digital Image Processing [Text]* / W. K. Pratt. – Fourth Edition. – N. Y. : Wiley-Interscience, 2007. – 1429 p.
2. Blanes, I. *A Tutorial on Image Compression for Optical Space Imaging Systems [Text]* / I. Blanes, E. Magli, J. Serra-Sagrasta // *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*. – 2014. – № 2(3). – P. 8-26.
3. Taubman, D. *JPEG2000 Image Compression Fundamentals, Standards and Practice [Text]* / D. Taubman, M. Marcellin. – Springer : Boston, Kluwer, 2002. – 777 p.

4. *Still Image/Video Frame Lossy Compression Providing a Desired Visual Quality [Text]* / A. Zemliachenko, N. Ponomarenko, V. Lukin, K. Egiazarian, J. Astola // *Multidim. Syst. and Signal Proc.* – June 2015. – 22 p.

5. Wallace, G. K. *The JPEG still picture compression standard [Text]* / G. K. Wallace // *Commun. ACM*. – 1991. – № 34. – P. 30–44.

6. Kleider, J. E. *Image quality optimization using computationally efficient variable QoS multicarrier bit-allocation [Electronic resource]* / J. E. Kleider, G. P. Abousleman. Access mode: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1010687/>. – 12.05.2016.

7. *Spectral Distortion in Lossy Compression of Hyperspectral Data [Text]* / B. Aiazzi, L. Alparone, S. Baronti, C. Lastris, M. Selva // *Journal of Electrical and Computer Engineering*. – № 2012. – 2012. – 8 p. Article ID 850637.

8. *A New Color Image Database TID2013: Innovations and Results, Proceedings of ACIVS. [Text]* / N. Ponomarenko, O. Ieremeiev, V. Lukin, K. Egiazarian, L. Jin, J. Astola, B. Vozel, K. Chehdi, M. Carli, F. Battisti, C.-C. Jay Kuo // *Poznan, Poland*. – Oct. 2013. – P. 402 - 413.

9. *DCT Based High Quality Image Compression [Text]* / N. N. Ponomarenko, V. V. Lukin, K. Egiazarian, J. Astola // *Proceedings of 14th Scandinavian Conference on Image Analysis, Joensuu, Finland*. – 2005. – P. 1177 - 1185.

10. *ADCT: A new high quality DCT based coder for lossy image compression [Text]* / N. Ponomarenko, V. Lukin, K. Egiazarian, J. Astola // *CD ROM Proceedings of LNLA, Switzerland*. – 2008. – 6 p.

11. Бендат, Дж. *Прикладной анализ случайных данных. [Текст]* / Дж. Бендат, А. Пирсол. – М. : Мир, 1989. – 540 с.

12. *A method for blind estimation of spatially correlated noise characteristics [Text]* / N. N. Ponomarenko, V. V. Lukin, K. O. Egiazarian, J. T. Astola // *Proceedings of SPIE Conference Image Processing: Algorithms and Systems VII*. - San Jose, USA. - № 7532. – 2010. – 12 p.

References

1. Pratt, W. K. *Digital Image Processing*. Fourth Edition. N. Y., Wiley-Interscience Publ., USA, 2007. 1429 p.
2. Blanes, I., Magli, E., Serra-Sagrasta, J. A Tutorial on Image Compression for Optical Space Imaging Systems. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 2014, no. 2(3), pp. 8-26.
3. Taubman, D., Marcellin, M. *JPEG2000 Image Compression Fundamentals, Standards and Practice*. Springer, Boston: Kluwer Publ., 2002. 777 p.
4. Zemliachenko, A., Ponomarenko, N., Lukin, V., Egiazarian, K., Astola, J. Still Image/Video Frame Lossy Compression Providing a Desired Visual Quality. *Multidim. Syst. and Signal Proc.*, June 2015. 22 p.
5. Wallace, G.K. The JPEG still picture compression

sion standard. *Commun. ACM.*, 1991, no. 34, pp. 30–44.

6. Kleider, J. E., Abousleman, G. P. *Image quality optimization using computationally efficient variable QoS multicarrier bit-allocation*. Available at: <http://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/1010687/> (accessed 12.05.2016)

7. Aiazzi, B., Alparone, L., Baronti, S., Lastris, C., Selva, M. Spectral Distortion in Lossy Compression of Hyperspectral Data. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, no. 2012, 2012. 8 p., Article ID 850637.

8. Ponomarenko, N., Ieremeiev, O., Lukin, V., Egiazarian, K., Jin, L., Astola, J., Vozel, B., Chehdi, K., Carli, M., Battisti, F., Jay Kuo, C.-C. A New Color Image Database TID2013: Innovations and Results. *Proceedings of ACIVS*. Poznan, Poland, Oct. 2013, pp. 402–413.

9. Ponomarenko, N. N., Lukin, V. V., Egiazarian K., Astola, J. DCT Based High Quality Image Compression. *Proceedings of 14th Scandinavian Conference on Image Analysis*, Joensuu, Finland, 2005, pp. 1177–1185.

10. Ponomarenko, N., Lukin, V., Egiazarian, K., Astola, J. *ADCT: A new high quality DCT based coder for lossy image compression*. CD ROM Proceedings of LNLA, Switzerland, 2008. 6 p.

11. Bendat, J., Pirsol, A. *Prikladnoj analiz sluchajnyh dannyh* [Applied Analysis of Random Data]. Moscow, Mir Publ., 1989. 540 p.

12. Ponomarenko, N. N., Lukin, V. V., Egiazarian, K. O., Astola, J. T. A method for blind estimation of spatially correlated noise characteristics. *Proceedings of SPIE Conference Image Processing: Algorithms and Systems VII*, San Jose, USA, no. 7532, 2010. 12 p.

Поступила в редакцію 22.01.2017, рассмотрена на редколлегии 15.03.2017

АНАЛІЗ ХАРАКТЕРИСТИК СПОТВОРЕНЬ ПРИ СТИСНЕННІ ЗОБРАЖЕНЬ СУЧАСНИМИ МЕТОДАМИ НА ОСНОВІ ДКП

В. П. Швець, В. В. Лукін

Обґрунтовано доцільність вивчення статистичних і просторових спектральних характеристик спотворень, внесених методами стиснення зображень з втратами на основі дискретного косинусового перетворення. Показано, що закон розподілу спотворень близький до нормального при малих значеннях коефіцієнта стиснення (КС), але може помітно відрізнятися від нормального при великих значеннях КС. Внесені спотворення практично некорельовані або слабо корельовані. Рівень внесених спотворень є локально мінімальним і найбільшим спотворення вносяться на локально-активних ділянках зображень. При одному і тому ж кроці квантування ДКП-коефіцієнтів статистичні характеристики внесених спотворень можуть істотно відрізнятися.

Ключові слова: аналіз, спотворення, стиснення з втратами.

ANALYSIS OF DISTORTION CHARACTERISTICS IN IMAGE COMPRESSION BY MODERN DCT-BASED METHODS

V. Shvets, V. Lukin

Expedience of studying statistical and spatial spectral characteristics of distortions introduced by methods of image lossy compression based on the discrete cosine transform is substantiated. It is shown that the law of distortion distribution is close to normal at small values of compression ratio (CR), but it can significantly differ from normal for large values of CR. The distortions introduced are practically uncorrelated or slightly correlated. The level of distortions introduced is locally changing and the largest distortions are observed in locally active areas of images. At the same quantization step of DCT coefficients, the statistical characteristics of the introduced distortions can differ substantially.

Key words: analysis, distortion, lossy compression.

Швец Виктор Павлович – студент каф. «Приема, передачи и обработки сигналов», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: viktor_shvets@mail.ru

Лукін Владимир Васильевич – д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Приема, передачи и обработки сигналов», Национальный аэрокосмический университет им. Н. Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: lukin@ai.kharkov.com

Viktor P. Shvets – student of Dept of "Transmitters, Receivers and Signal Processing", National Aerospace University named after N. E. Zhukovsky "KhAI", Kharkiv, Ukraine, e-mail: viktor_shvets@mail.ru

Vladimir V. Lukin – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Dept of "Transmitters, Receivers and Signal Processing", National Aerospace University named after N. E. Zhukovsky "KhAI", Kharkiv, Ukraine, e-mail: lukin@ai.kharkov.com