

МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ ВОСПРИЯТИЯ ЦИФРОВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

Е.В. Нариманова, Е.А. Трифонова, А.Е. Килин, М.С. Кучма

Одесский национальный политехнический университет,
пр-т Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина; e-mail: semejka@ua.fm

Работа посвящена исследованию и разработке методики количественной оценки надежности восприятия цифрового изображения при различных возмущающих воздействиях, в том числе при локальном возмущении цифрового изображения, при помощи пикового отношения «сигнал/шум». Приведены результаты вычислительного эксперимента, подтверждающие эффективность предложенной методики, корреляцию результатов, полученных с ее помощью, с результатами субъективного ранжирования.

Ключевые слова: цифровое изображение, оценка надежности восприятия, пиковое отношение сигнал/шум.

Введение

В процессе формирования и передачи стеганографического сообщения требуется оценивать качество получаемого цифрового изображения (ЦИ). При его передаче по каналам связи возможно наложение различных шумов или нанесение локальных изменений. Алгоритмы сжатия с потерями при значительной степени сжатия, как правило, приводят к появлению хорошо заметных человеческому глазу артефактов на ЦИ. Все это порождает необходимость оценки качества цифрового изображения.

На данный момент наиболее распространенной количественной оценкой качества цифрового изображения при анализе уровня его визуальных искажений являются разностные показатели, основывающиеся на различных модификациях отношения «сигнал/шум», в том числе пиковое отношение «сигнал/шум» (peak signal-to-noise ratio – *PSNR*) [1]. Однако, как не раз было отмечено [2], эти показатели слабо коррелируют с субъективными оценками системы человеческого зрения, оценивая ЦИ целиком, что при передаче стеганографического сообщения может привести к противоречию между приемлемой количественной и неприемлемой качественной оценками надежности восприятия изображения, которое имеет явные визуальные искажения, хорошо заметные невооруженным глазом. Чрезвычайно важным здесь является то, что, как правило, такие визуальные искажения носят локальный характер.

Устоявшимся при оценке надежности восприятия ЦИ в стеганографии [1] рекомендованным пороговым значением *PSNR* является значение 40 дБ: значения *PSNR* равное 40 дБ и выше указывают на высокое качество ЦИ. Однако, как показывают многочисленные вычислительные эксперименты [1,2], такой способ количественной оценки искажения, рассматривающий изображение целиком, не является, в общем случае, удовлетворительным для стеганографии.

Цель и задачи исследования

Целью данной работы является разработка методики количественной оценки надежности восприятия ЦИ в результате возмущающих воздействий при помощи пикового отношения «сигнал/шум».

Для достижения цели в работе необходимо:

1. провести искажение ЦИ или его части таким образом, чтобы на основании экспертного оценивания разделить изображения после возмущающего воздействия на разные группы: с сохранением надежности восприятия; с частичным и полным нарушением надежности восприятия;
2. провести вычислительный эксперимент, в котором: разбить ЦИ на непересекающиеся части и провести оценку надежности восприятия по значениям $PSNR$ для каждой из частей ЦИ в сравнении с $PSNR$ для всего изображения.

Изложение основного материала

В данной работе в качестве относительной количественной оценки надежности восприятия ЦИ рассматривается $PSNR$:

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

где MAX_I – это максимальное значение, принимаемое пикселем изображения. Когда пиксели имеют разрядность 8 бит, $MAX_I = 255$; MSE – среднеквадратическая ошибка:

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

где $I(i, j)$ – пиксель с координатами (i, j) исходного изображения; $K(i, j)$ – пиксель с координатами (i, j) измененного изображения, надежность восприятия которого необходимо оценить.

Основным недостатком $PSNR$ для оценки надежности восприятия ЦИ является то, что $PSNR$ мало чувствителен к локальным изменениям изображения. С учетом этого в работе предлагается методика, основные шаги которой следующие:

1. Разбить ЦИ на непересекающиеся части – так называемые подблоки сигнала (ПБС), размер которых сравним с размером 128×128 пикселей, что необходимо для сохранения представительности и информативности блока [3–5];
2. Определить $PSNR$ для каждого ПБС;
3. Количественной оценкой надежности восприятия ЦИ является минимальное значение $PSNR$ среди всех ПБС, поскольку нарушение в любой части изображения является нарушением надежности восприятия всего ЦИ.

В данной работе при проведении вычислительного эксперимента ЦИ разбивалось на 4 ПБС, минимальное значение $PSNR$ среди этих блоков обозначено $PSNR4$.

Результаты вычислительного эксперимента

При проведении вычислительного эксперимента $PSNR$ и $PSNR4$ вычислялись для более чем 100 цветных ЦИ и изображений в градациях серого. На каждую из этих

групп изображений накладывался мультипликативный, гауссовский и пуассоновский шум. При использовании шумов в качестве возмущающего воздействия на каждое ЦИ или его часть накладывался шум разной интенсивности таким образом, что при помощи экспертного оценивания ЦИ качественно можно было отнести к одной из трех групп: I – «искажения видны хорошо на всем изображении» (рис. 1,б), II – «искажения видны на некоторых частях изображения» (рис. 2,б), III – «искажения не визуализируются» (рис. 3).



а

б

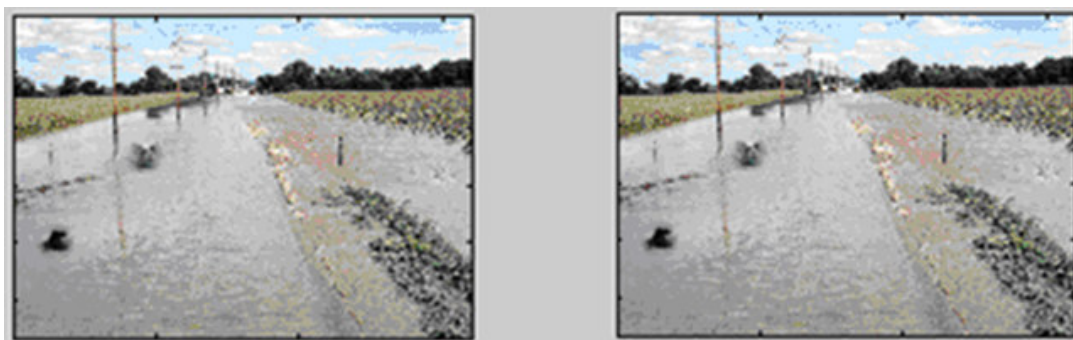
Рис. 1. Изображение I группы качественной оценки: оригинальное изображение (а); измененное изображение (б)



а

б

Рис. 2. Изображение II группы качественной оценки: оригинальное изображение (а); измененное изображение (б)



а

б

Рис. 3. Изображение III группы качественной оценки: оригинальное изображение (а); измененное изображение (б)

При проведенні експерименту для кожної групи якості оцінки фіксувалися значення $PSNR$ і $PSNR4$.

Найбільш характерні результати вичислильного експерименту приведені в табл. 1. Особливий інтерес представляють результати для зображень II групи якості оцінки (в таблиці виділено полужирним шрифтом), оскільки різниця між значеннями $PSNR$ і $PSNR4$ для них більше, ніж для зображень інших груп. При цьому значення $PSNR$ близькі до 40 дБ, що є прийнятною кількісною оцінкою надійності сприйняття ЦІ, в той час як значення $PSNR4$ свідчать про порушення надійності сприйняття, що дійсно відповідає ЦІ II групи.

Таблиця 1.

Результати оцінки надійності сприйняття ЦІ при накладенні різних шумів

Зображення	$PSNR$	$PSNR4$	Група якості оцінки візуального сприйняття
Гауссовський шум			
В градациях серого	20	19.89	I
	38.2	33.89	II
	39.93	39.87	III
Цветное	20.04	19.76	I
	37.87	28.18	II
	40.07	39.56	III
Мультиплікативний шум			
В градациях серого	18.36	18.25	I
	37.02	34.63	II
	43.12	42.92	III
Цветное	19.2	18.98	I
	36.65	33.16	II
	40.87	40.81	III
Пуассоновський шум			
В градациях серого	26.95	23.17	II
Цветное	25.03	22.28	II

Выводы

В работе предложена методика количественной оценки искажений ЦІ, учитывающая возможность их локализации в пределах изображения.

Результаты вычислильного эксперимента показывают, что оценивание надійності сприйняття зображення при допомозі пікового відношення «сигнал/шум» дає схожі результати з експертним оцінюванням і може вважатися об'єктивним тільки в тому випадку, коли возмущение оказывает сравнимые по величине воздействия на все части изображения. При цьому рекомендованное в литературе [1] и широко используемое пороговое значение 40 дБ является приемлемым. Все значения $PSNR$ и $PSNR4$ для зображень III групи якості оцінки візуального сприйняття оказались близкими (более 39 дБ) или большими 40 дБ.

При виявленні локальних порушень візуальної стійкості оцінка $PSNR$ оказується близькою до 40 дБ, в отличие от $PSNR4$ (як видно по результатам для II групи, де накладення шуму проводилось і помітно на деяких частинах зображення). В цьому випадку $PSNR$ і $PSNR4$ відрізняються значно, і в той час як оцінка по $PSNR$ свідчить скоріше про збереженні надійності сприйняття,

оценка по $PSNR_4$ и группа качественной оценки визуального восприятия, к которой относятся изображения, указывают на то, что надежность восприятия нарушена.

В связи с этим, при наличии локальных нарушений визуальной устойчивости рекомендуется оценивать отдельные части цифрового изображения, которые их содержат. Такое оценивание цифрового сигнала по частям уже дало хороший результат и активно применяется для выявления областей нарушения целостности малых размеров в различных цифровых сигналах независимо от методов исследования [3–5].

Список литературы

1. Конахович, Г.Ф. Компьютерная стеганография [Текст]: теория и практика / Г.Ф. Конахович, А.Ю. Пузыренко. – К.: МК-Пресс, 2006. – 288 с
2. Кобозева, А.А. Учет свойств нормального спектрального разложения матрицы контейнера при обеспечении надежности восприятия стегосообщения / А.А. Кобозева, Е.А. Трифонова // Вестник НТУ «ХПИ». – 2007. – №18. – С.81-93.
3. Нариманова, Е.В. Практическое использование DQ-эффекта для построения универсального метода обнаружения фальсификации ЦС / Е.В. Нариманова // Вісник Східноукр-го нац-го ун-ту ім. В.Даля. – 2010. – С.80-85.
4. Нариманова, Е.В. Проверка целостности цифрового сигнала. – Донецк: Изд. Цифровая типография, 2011. – 180 с.
5. Нариманова, Е.В. Обнаружение области нарушения целостности малого размера в цифровом изображении / Е.В. Нариманова, С.И. Ботнаръ // Сучасний захист інформації. – 2013. – Спеціальний випуск. – С.43-48.

МЕТОДИКА КІЛЬКІСНОЇ ОЦІНКИ НАДІЙНОСТІ СПРИЙНЯТТЯ ЦИФРОВОГО ЗОБРАЖЕННЯ

О.В. Наріманова, К.О. Трифонова, А.Є. Кілін, М.С. Кучма

Одеський національний політехнічний університет,
пр-т Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна; e-mail: semejka@ua.fm

Работа посвящена дослідженню і розробці методики кількісної оцінки надійності сприйняття цифрового зображення при різних збурних діях, в тому числі при локальному збуренні цифрового зображення, за допомогою пікового відношення «сигнал/шум». Наведені результати обчислювального експерименту, що підтверджують ефективність запропонованої методики, кореляцію результатів, отриманих з її допомогою, з результатами суб'єктивного ранжування.

Ключові слова: цифрове зображення, оцінка надійності сприйняття, пікове відношення сигнал/шум.

TECHNIQUE OF QUANTITATIVE ASSESSMENT OF DIGITAL IMAGE PERCEPTION RELIABILITY

O.V. Narimanova, K.O. Tryfonova, A.Ye Kilin, M.S. Kuchma

Odesa National Polytechnic University,
1 Shevchenko Ave., Odesa, 65044, Ukraine; e-mail:semejka@ua.fm

Work is devoted to study and development of technique of quantitative assessment of digital image perception reliability at various disturbing effects, including the local perturbation of the digital image, using the peak signal/noise ratio. The results of computational experiments that confirm the effectiveness of proposed technique, the correlation of obtained results with the results of subjective rankings are shown.

Keywords: digital image, assessment of perception reliability, peak signal/noise ratio.