УДК 519.6

І. М. Журавель
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра безпеки інформаційних технологій

ОЦІНЮВАННЯ СПОТВОРЕНЬ МОДИФІКОВАНИХ КОНТЕЙНЕРІВ У СТЕГАНОГРАФІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ ТЕХНОЛОГІЙ ОБРОБКИ ЦИФРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ

© Журавель І. М., 2015

Запропоновано метод оцінювання спотворень на зображеннях контейнерів у стеганографії. Перевагою цього способу в те, що для підвищення точності оцінювання візуальних спотворень модифікованих контейнерів використано закони зорового сприйняття людини.

Ключові слова: стеганографія, оцінювання візуальних спотворень, обробка зображень.

The paper presents the method for estimating the distortion of images of containers in steganography. The advantage of this method is that human visual perception laws are used to improve the correct assessment of visual distortions of the modified containers.

Key words: steganography, evaluation of visual distortion, image processing.

Вступ

Розвиток та здешевлення комп’ютерної техніки призвели до її широкого застосування у різних сферах людської діяльності. Проте існують задачі, такі як захист від копіювання, прихована анотація документів, доказ автентичності інформації та прихований зв’язок, які передбачають доступ обмеженого кола людей. Це спричинило розроблення та вдосконалення підходів до приховування інформації. Для вирішення цих завдань використовують криптографічні та стеганографічні методи. У цій роботі розглянемо стеганографічних методах захисту. Особливістю цих методів є те, що вони приховують сам факт передавання інформації.

Суть стеганографії полягає у приховуванні однієї інформації в іншій. Основними напрямками стеганографії є вбудовування інформації для її прихованого передавання, вбудовування цифрових водяних знаків, вбудовування ідентифікаційних номерів та вбудовування заголовків.

Постановка задачі

У цій роботі розглянемо задачу приховування даних у цифрових зображеннях. Одна з вимог до надійності стеганографічної системи полягає в тому, щоб B-бітне зображення розміром $n \times l$ із прихованим повідомленням y_{ijk} візуально не відрізнялося від вхідного зображення x_{ijk} з цими самими розмірними параметрами. Найпоширенішими оцінками модифікованих зображень-контейнерів є середньоквадратичне відхилення

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^{3} \sum_{i=1,\, j=1}^{n,l} \left(x_{ijk} - y_{ijk}\right)^2}{3 \cdot n \cdot l}} \tag{1}$$

та співвідношення сигнал/шум

$$PSNR = 10 \log_{10} \frac{3 \cdot (2^B - 1)^2 \cdot n \cdot l}{\sum_{k=1}^{3} \sum_{i=1,\, j=1}^{n,l} \left(x_{ij} - y_{ij}\right)^2}, \tag{2}$$

де i та j – координати пікселя, а k – номер колірного шару зображення.

Наведені вище оцінки є зручними у використанні, але вони не враховують закони зорового сприйняття, тому не можуть бути об'єктивною мірою візуальних спотворень модифікованих контейнерів. Також недоліком використання PSNR для оцінювання спотворень на зображенні є те, що ця оцінка не є чутливою до локальних змін на зображенні. Отже, актуальним є розроблення такої кількісної оцінки спотворень, яка б враховувала особливості візуального сприйняття зображень людиною.

Кількісне оцінювання візуальних спотворень модифікованих контейнерів

Нами запропоновано метод визначення комплексної оцінки якості зображення. Його особливість полягає в тому, що всі часткові оцінки комплексного критерію якості будуть розглядатися з погляду єдиної ймовірнісної моделі зображення. Будемо розглядати зображення як набір інтенсивностей його елементів. Якщо їх вважати випадковими та незалежними, то, у випадку дискретних вибірок можна побудувати гістограму $H(L)$ розподілу інтенсивностей елементів зображення $L(i, j)$. Найдокладніше особливості гістограми $H(L)$, а отже, і матриці інтесивностей елементів зображення L можна описати за допомогою числових характеристик. Найчастіше як такі характеристики використовують моменти [1, 2]:

$$M[(L-A)^s] = \frac{1}{LMAX^s} \sum_{L=0}^{LMAX} (L-A)^s H(L), \tag{3}$$

де L – інтенсивність елемента зображення; $H(L)$ – розподіл інтенсивностей елементів зображення; s – порядок моментів; A – величина, відносно якої шукається момент.

Експериментально встановлено доцільність використання моментів до четвертого порядку включно. Саме така їх кількість є достатньою для об'єктивного оцінювання якості зображень.

Оскільки оптимальною, з погляду людського сприйняття, є середня частина діапазону інтенсивностей, логічно шукати моменти відносно середини діапазону, тобто $A = LMAX/2$, де $LMAX = 255$ [3] при восьмибітовому представленні елементів монохромних зображень.

Проаналізуємо моменти за їх фізичною суттю.

Момент нульового порядку завжди дорівнює одиниці і не несе жодного інформаційного навантаження:

$$M[(L-A)] = \sum_{L=0}^{LMAX} (L-A)^0 H(L) \equiv 1. \tag{4}$$

Перший момент знаходять за виразом

$$M[(L-A)] = \frac{1}{LMAX} \sum_{L=0}^{LMAX} (L-A) H(L). \tag{5}$$

Він, аналогічно як і третій момент, характеризує симетричність розподілу інтенсивностей елементів зображення. Якщо цей розподіл симетричний, значення цих моментів прямує до нуля. Третій момент використовують для визначення "коефіцієнта асиметрії"

$$Sk = \frac{M[(L-A)^3]}{(\sqrt{M[(L-A)^2]})^3}. \tag{6}$$

Момент другого порядку характеризує розкид значень випадкової величини, в нашому випадку інтенсивностей, навколо її математичного сподівання

$$M[(L-A)^2] = \frac{1}{LMAX^2} \sum_{L=0}^{LMAX} (L-A)^2 H(L). \tag{7}$$

Для характеристики гостровершинності чи плосковершинності розподілу слугує четвертий момент. Ці властивості розподілу описують за допомогою ексцесу

$$Ex = \frac{m_4}{s_4} - 3. \tag{8}$$

Для нормального закону ексцес дорівнює нулю. Криві, які є більш гостровершинні порівняно з нормальною, мають додатний ексцес; криві, які є більш плосковершинні – від'ємний ексцес.

Перераховані вище моменти є частковими оцінками якості зображення. У роботі [3] запропоновано узагальнений вираз кількісної оцінки якості на основі моментів:

$$Q_S = \frac{1}{|1+a|} + \left(1 - \frac{1}{1+b}\right) + \frac{1}{1+c} + \frac{1}{1+d}, \tag{9}$$

де

$$a = M[(L - \frac{R}{2})]; \qquad b = M[(L - \frac{R}{2})^2];$$

$$c = \frac{M[(L - \frac{R}{2})^3]}{(\sqrt{M[(L - \frac{R}{2})^2]})^3}; \qquad d = \frac{M[(L - \frac{R}{2})^4]}{(\sqrt{M[(L - \frac{R}{2})^2]})^4} - 3.$$

Експериментальні дослідження цього методу дають результати, які добре узгоджуються з суб'єктивною візуальною оцінкою.

Проведемо комп'ютерне моделювання запропонованого методу. Як контейнер, в який буде вбудовано дані, використаємо зображення (рис. 1). У цій роботі використаємо один з найпростіших підходів до вбудовування даних – LSB-алгоритм.

Рис. 1. Вхідне зображення

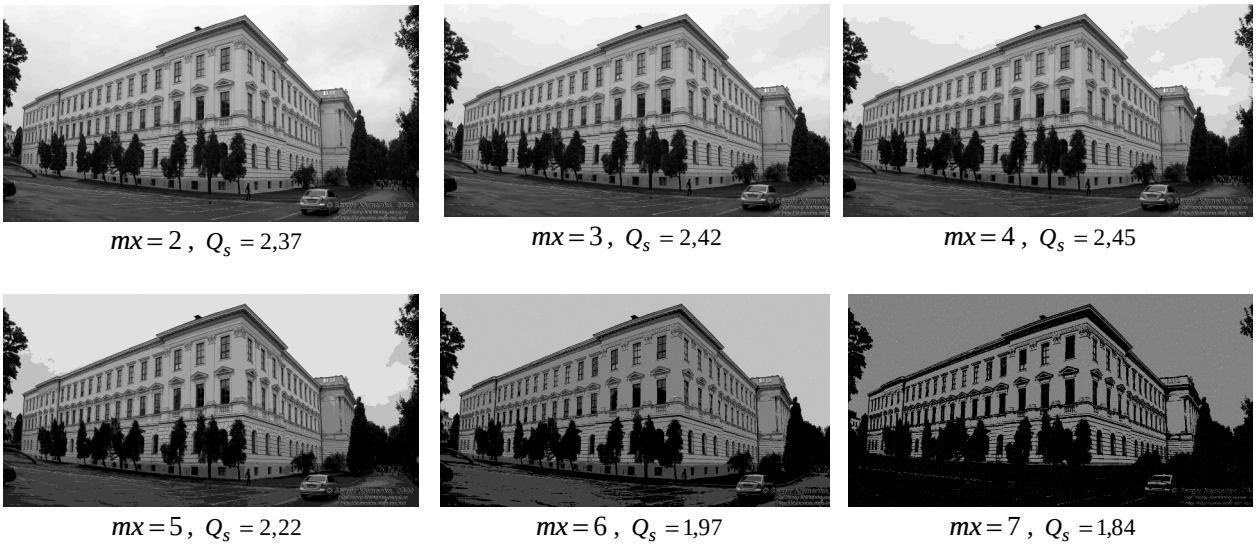

Рис. 2. Зображення-контейнери з різним рівнем мультиплексування mx та відповідною оцінкою візуальної якості Q_s

Потім формуємо серію зображень-контейнерів з різним рівнем мультиплексування mx (рис. 2). Після цього для кожного із зображень-контейнерів обчислюємо оцінку візуальної якості Q_s за запропонованим у роботі підходом (3)–(9).

Подамо отримані результати комп'ютерного моделювання за цим підходому у вигляді графіка (рис. 3).

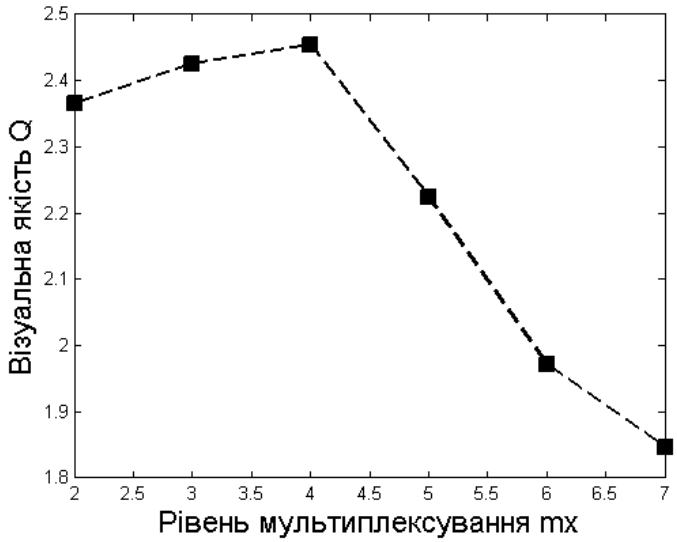

Рис. 3. Оцінка візуальної якості зображень-контейнерів з різним рівнем мультиплексування

Висновок

З рис. 3 видно, що із зростанням рівня мультиплексування візуальна якість спочатку незначно зростає. Це пояснюється зростанням контрасту через збільшення віддалі між сусідніми градаціями інтенсивності. Подальше збільшення рівня мультиплексування призводить до зменшення рівня візуальної якості зображень-контейнерів. Отримані результати добре корелюють із візуальним сприйняттям. Отже, запропонований у роботі підхід може ефективно використовуватися для кількісного оцінювання візуальних спотворень модифікованих контейнерів.

Подальше вдосконалення запропонованого у роботі підходу може відбуватися через аналітичне визначення порогового значення оцінки візуальної якості, яка буде прийнятною для приховування даних у зображенні-контейнері. Розв'язуванням цієї задачі можна сформувати критерії оптимального вибору алгоритму з метою приховування заданого обсягу інформації з достатнім рівнем надійності її приховування.

1. Вентцель Е. С. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1969. – 576 с. 2. Gonzalez R.C., Wintz P. Digital Image Processing. – Addisson–Wesley. Reading. Massachusetts. – 1987. – 505 p. 3. Воробель Р. А., Журавель І. М., Опир Н. В., Попов Б. О., Дереча В. Я., Равлик Я. М. Метод кількісної оцінки якості рентгенографічних зображень // Праці Третьої Української науково–технічної конференції "Неруйнівний контроль та технічна діагностика – 2000". – Дніпропетровськ. – С. 233–236.