

УДК 681.325

О.М. Маковейчук

ТОВ «Бюро Информационных Технологий», Львів

ОБ'ЄКТИВНА ОЦІНКА ЯКОСТІ ОБРОБКИ ЗОБРАЖЕНЬ

В роботі представлено огляд мір якості, що використовуються при обробці зображень. Пропонується обрати параметри обробки по максимуму відповідної міри якості.

Ключові слова: обробка зображень, міра якості, об'єктивна оцінка.

Вступ

Постановка проблеми у загальному вигляді.

Ефективність використання загальноприйнятих методик обробки зображень залежить від великого числа керуємих параметрів, які в більшості випадків вибираються емпірично, оскільки відсутня об'єктивна міра якості зображення.

Суб'єктивні оцінки є не завжди задовільними, оскільки в результаті обробки можуть маскуватися важливі особливості зображення і, навпаки, привноситися артефакти. Останнє – суб'єктивність сприйняття – сильно ускладнює застосування формалізованого підходу в досягненні даних цілей. Тому при обробці зображень для візуалізації набули поширення методи, в яких часто відсутні строгі математичні критерії оптимальності. Їх замінюють якісні уявлення про доцільність тієї або іншої обробки, що спираються на суб'єктивні оцінки результатів.

Аналіз останніх досягнень та публікацій та виклад основного матеріалу дослідження

Міра якості обробки зображення.

У літературі [1 – 6] запропоновані наступні заходи якості, які визначаються як відстань в деякій метриці між початковим $g(x, y)$ і обробленим $r(x, y)$ зображеннями розміром $M \times N$:

1. Середня різниця (absolute difference):

$$AD = \frac{1}{MN} \sum_x \sum_y r(x, y) - g(x, y).$$

2. Нормована кореляція (normalized cross-correlation):

$$NCC = \frac{\sum_x \sum_y r(x, y)g(x, y)}{\sqrt{\sum_x \sum_y r(x, y)^2}}$$

3. Якість кореляції (correlation quality):

$$CQ = \frac{\sum_x \sum_y r(x, y)g(x, y)}{\sum_x \sum_y r(x, y)}.$$

4. Вірність зображення (image fidelity):

$$IF = 1 - \frac{\sum_x \sum_y r(x, y) - g(x, y)^2}{\sum_x \sum_y r(x, y)^2}.$$

5. Максимальна різниця (maximum difference):

$$MD = \max_{x, y} r(x, y) - g(x, y).$$

6. Середньоквадратична лапласіанова погрішність (laplasiyan mean square error):

$$LMSE = \sum_x \sum_y r(x, y) - g(x, y) * L / \sum_x \sum_y r(x, y) * L^2,$$

де * – оператор згортки;

$$L = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & -4 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} - \text{дискретний } 3 \times 3 \text{ оператор Лапласа.}$$

7. Середньоквадратична погрішність (mean square error):

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_x \sum_y r(x, y) - g(x, y)^2.$$

8. Максимальна середньоквадратична погрішність (peak mean square error):

$$PMSE = \frac{\frac{1}{MN} \sum_x \sum_y r(x, y) - g(x, y)^2}{\left[\max_{x, y} r(x, y) \right]^2}.$$

9. Нормована абсолютна погрішність (normalized absolute error):

$$NAE = \frac{\sum_x \sum_y |r(x, y) - g(x, y)|}{\sum_x \sum_y |r(x, y)|}.$$

10. Нормована середньоквадратична погрішність (normalized mean square error):

$$NMSE = \frac{\sum_x \sum_y r(x, y) - g(x, y)^2}{\sum_x \sum_y r(x, y)^2} = 1 - IF.$$

11. Норма Мінковського:

$$L_p = \left\{ \frac{1}{MN} \sum_x \sum_y |r(x, y) - g(x, y)|^p \right\}^{\frac{1}{p}}.$$

Параметр p визначає відносну значущість помилки при різних значеннях яскравості. Найбільш споживані: L_1 – середнє абсолютне відхилення; L_2 – середнє квадратичне відхилення (СЬКО); L_∞ – максимальне абсолютне відхилення.

12. Відношення сигнал/шум (signal to noise ratio):

$$SNR = 10 \log_{10} \frac{\sum_x \sum_y r(x, y)^2}{\sum_x \sum_y r(x, y) - g(x, y)^2}.$$

13. Максимальне відношення сигнал/шум (peak signal to noise ratio):

$$\text{PSNR} = 10 \log_{10} \frac{\left[\max_{x,y} r(x,y) \right]^2}{\frac{1}{MN} \sum_x \sum_y r(x,y) - g(x,y)}^2$$

Оцінки якості, представлені вище зручні у використанні, проте, вони не завжди дозволяють об'єктивно оцінити якість зображення, особливо з погляду його візуального сприйняття.

Основним недоліком розглянутих методів є некоректна оцінка якості шумових зображень. Цей недолік властивий всім методам, які при оцінці якості зображення використовують ту або іншу міру контрасту. Це пов'язано з тим, що метод оцінки якості не забезпечує ідентифікації різних перепадів яркостей – по шуму або висококонтрастній ділянці. Переважнішими є інформаційні заходи якості.

Інформаційна міра якості зображення. Найбільш споживаними є наступні інформаційні заходи якості зображення $r(x,y)$ [7-9]:

1. Дисперсія зображення:

$$D = \frac{1}{MN} \sum_x \sum_y \left[r(x,y) - \bar{r} \right]^2,$$

де \bar{r} – середнє $r(x,y)$ визначає звичайним способом.

2. Ентропія зображення:

$$H = - \sum_c p_c \log_2 p_c,$$

де p_c – вірогідність появи в зображенні кольору c зазвичай обчислюється по гістограмі

$$p = \frac{1}{MN} \text{hist}(r).$$

3. Ентропія джерела:

$$H = - \sum_x \sum_y r(x,y) \log_2 r(x,y).$$

Хай одне і те ж зображення поліпшується двома різними методами. В результаті обробки отримаємо два зображення. Застосувавши до них запропонований метод, отримаємо дві кількісні оцінки якості. Оскільки ці зображення були отримані з одного і того ж початкового зображення, то, аналізуючи ці оцінки, можна порівнювати ефективність методів їх обробки. Таким чином, цей метод є інструментом оцінки якості перетворених зображень і ефективності методів, які реалізують ці перетворення.

Пропонується вибирати параметри обробки зображення по максимуму відповідної міри якості.

У роботі [10] був використаний подібний підхід для знаходження коефіцієнта віддзеркалення від екрану; у якості міри якості використовувалася дисперсія зображення. Проте для оцінки якості зображення найбільш підходить ентропія зображення, максимум цієї оцінки досягається на рівномірному розподілі, що відповідає максимально еквалізованій гістограмі.

На рис. 1 для прикладу, представлений графік ентропії $H(w)$ зображення залежно від апертури w ковзаючого вікна для двох різних методів обробки.

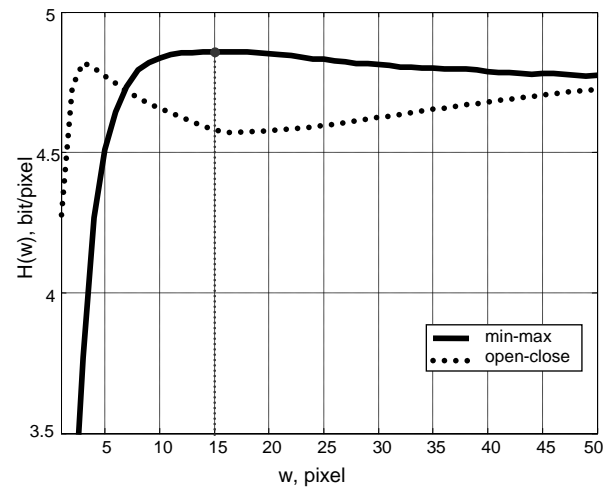


Рис. 1. Залежність ентропії зображення для різних методів обробки зображення

Висновки

1. Параметри обробки зображення доцільно вибирати по максимуму відповідної міри якості.
2. Ентропія зображення по Шенону [7] є адекватною мірою якості обробки.

Список літератури

1. Журавель І.М. Локально-адаптивні методи підвищення контрастності зображень: Дис... канд. техн. наук: 05.13.06. – Львів, 2001. – 154 с.
2. Шлихт Г.Ю. Цифровая обработка цветных изображений. – М., Издательство ЭКОМ, 1997. – 336 с.
3. T.J.W.M. Janssen. Computational Image Quality: Ph.D. Thesis.– IPO, Center for User-System Interaction, Eindhoven, the Netherlands, 1999. – 130 pp.
4. Василенко Г.И., Тараторин А.М. Восстановление изображений. – М.: Радио и связь, 1986. – 304 с.
5. Бейтс Р., Мак-Донелл М. Восстановление и реконструкция изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 336 с.
6. Ярославский Л.П. Цифровая обработка сигналов в оптике и голографии: Введение в цифровую оптику. – М.: Радио и связь, 1987. – 296 с.
7. Шеннон К. Работы по теории информации и кибернетике. – М.: Изд. иностр. лит., 1963. – 830 с.
8. Климонтович Ю. Л. Энтропия и информация открытых систем // УФН. – 1999. – С. 443-452.
9. N. Moayeri and K. Konstantinides. An Algorithm For Blind Restoration Of Blurred And Noisy Images. Tech Report: HPL-96-102, July 01, 1996.
10. Маковейчук А.Н. Методы улучшения качества изображений по результатам натуральных экспериментов // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2004. – №2(8). – С. 38-41.

Надійшла до редколегії 12.09.2008

Рецензент: д-р техн. наук, ст. наук. співробітн. Г.В. Худов, Харківський університет Повітряних Сил ім. І. Кожедуба.

ОБЪЕКТИВНАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

А.Н. Маковейчук

В работе представлен обзор мер качества, которые используются при обработке изображений. Предлагается выбирать параметры обработки по максимуму соответствующей меры качества.

Ключевые слова: обработка изображений, мера качества, объективная оценка.

OBJECTIVE ESTIMATION OF QUALITY OF PROCESSING OF IMAGES

A.N. Makoveychuk

The review of measures is in-process presented qualities which are used for processing of images. It is suggested to choose the parameters of treatment on the maximum of the proper measure of quality.

Keywords: processing of images, measure of quality, objective estimation.