

Об одном критерии относительной степени упорядоченности изображений

© А.Н. Гергега

Одесская государственная академия строительства и архитектуры,
65029 Одесса, Украина
e-mail: a.herega@gmail.com

(Поступило в Редакцию 31 августа 2009 г.)

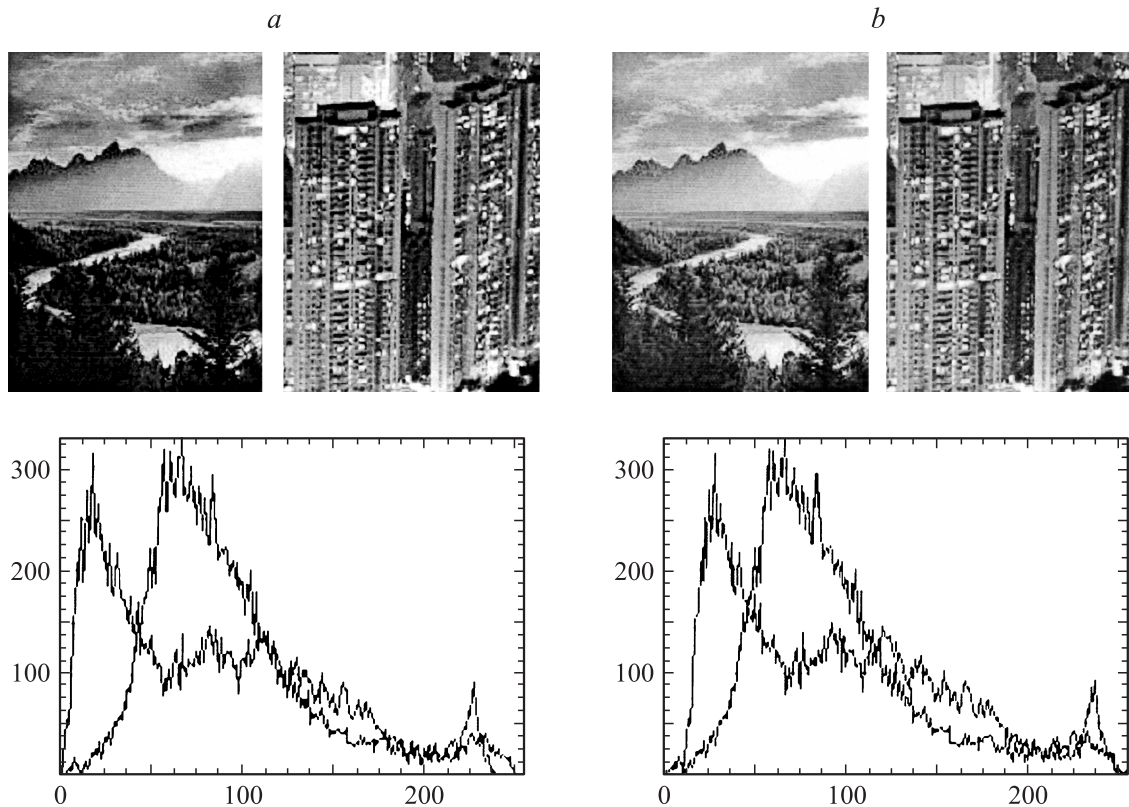
Введено понятие относительной степени упорядоченности изображений, идеологически связанное с S -теоремой Ю.Л. Климонтовича; разработан алгоритм ее расчета по эмпирическим данным.

Смысловое и визуальное содержание изображения существенно зависит от субъекта, его психологической установки, способа рассмотрения и проч. [1,2]. Формализация изображения является предпосылкой создания объективных характеристик, способов их определения и измерения [3–5], в частности, можно поставить вопрос об оценке относительной степени упорядоченности (ОСУ) изображений.

При определении относительной характеристики необходимо решить вопрос корректности сравнения.

В данном случае это можно сделать по аналогии с теоремой Гиббса о сравнении энтропии равновесного и произвольного состояний при условии неизменности среднего значения энергии [6,7]. В применении к изображениям, выполненным в оттенках серого цвета, это означает, что среднее количество уровня серого (УС) на пиксел должно быть одинаковым в сравниваемых изображениях.

Для выполнения этого условия по данным массивов значений УС цвета в пикселах изображений восстанавли-



Изображения и гистограммы распределения УС до (a) и после перенормировки (b).

ваются функции плотности распределения $f_1(i)$ и $f_2(i)$, затем по формуле

$$\widetilde{f}_2(i) = f_2(i) \left[\frac{\sum_{i=0}^{255} f_1(i)}{\sum_{i=0}^{255} f_2(i)} \right] \quad (1)$$

проводится перенормировка одной из них для выравнивания средних значений УС на пиксел.

Помимо растяжения-сжатия по формуле (1) можно применить сдвиг функции распределения одного из изображений до достижения нужного УС. Если существуют требования, минимизирующие возможности по трансформации изображения, то в противоположных направлениях смещаются функции распределения обоих изображений. Возможные варианты оценки ОСУ связаны с характером формализации изображений: вместо значений оттенков серого могут быть построены другие, например, по отношению или разности значений, по абсолютной величине этой разности. Наиболее чувствительной является ОСУ, определенная по оттенкам серого.

Рисунок иллюстрирует процесс выравнивания УС двух фотографий с помощью сдвига функции распределения одного из изображений. На гистограммах по оси абсцисс отложен уровень серого, по оси ординат — количества пикселов. Первый рисунок осветлялся, и на гистограмме (b) его график смещен вправо, в сторону уменьшения УС.

Покажем, что функция Ляпунова для элементов двух равновеликих изображений с одинаковым значением среднего уровня серого есть мера относительной степени упорядоченности („I-теорема“; от англ. „image“).

Пусть S_1 — энтропия одного из изображений, S_2 — энтропия модифицированного второго. Рассмотрим разность значений энтропии. Ограничиваясь первыми двумя членами разложения в ряд $\ln x = 1 - 1/x$, имеем

$$\begin{aligned} S_1 - \widetilde{S}_2 &= - \sum_{i=0}^{255} \left[f_1(i) \ln f_1(i) - \widetilde{f}_2(i) \ln \widetilde{f}_2(i) \right] \\ &= - \sum_{i=0}^{255} \left[f_1(i) \ln \left(f_1(i) / \widetilde{f}_2(i) \right) \right]. \end{aligned} \quad (2)$$

Аналогичный результат для оценки степени упорядоченности выделенных состояний открытых систем описан в [8,9]; он также известен в теории информации как расстояние Кульбака–Лейблера [10] и является мерой того, насколько далеки друг от друга два вероятностных распределения.

В качестве иллюстрации приведем рассчитанную по значениям УС величину относительной степени упорядоченности для изображений на рисунке. Она равна $\Delta S = 5.3588 - 5.0961 = 0.2627$, т. е. второе изображение в указанном смысле — более упорядоченное.

Список литературы

- [1] *Хакен Г.* Принципы работы головного мозга. М.: Per Se, 2001. 351 с.
- [2] *Солсо Р.* Когнитивная психология. СПб.: Питер, 2006. 589 с.
- [3] *Прэнтт У.* Цифровая обработка изображений. М.: Мир, 1982. Кн. 1. 310 с.
- [4] Методы компьютерной обработки изображений / Под ред. В.А. Соифера. М.: Физматлит, 2001. 784 с.
- [5] *Гонсалес Р., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2006. 1072 с.
- [6] *Гиббс Дж.В.* Термодинамика. Статистическая физика. М.: Наука, 1982. 584 с.
- [7] *Климонтович Ю.Л.* Статистическая физика. М.: Наука, 1982. 608 с.
- [8] *Климонтович Ю.Л.* // Письма в ЖТФ. 1983. Т. 9. Вып. 23. С. 1412–1416.
- [9] *Климонтович Ю.Л.* // УФН. 1996. Т. 166. № 11. С. 1231–1243.
- [10] *Кульбак С.* Теория информации и статистика. М.: Наука, 1967. 480 с.