

УДК 004.932

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИФFUЗИИ ОШИБКИ ДЛЯ ЦИФРОВОГО РАСТРИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ³

Федосеев В.А.

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет), г. Самара

В настоящее время известно множество методов цифрового растривания (бинаризации полутоновых изображений), находящих применение в полиграфии, а также при обработке отсканированных изображений. Весьма широко используется так называемые методы *диффузии ошибки* (*Error Diffusion*) [1], имеющие общий подход, но различающиеся в деталях. В данной работе производится сравнительное исследование качества бинарных изображений, получаемых различными алгоритмами диффузии ошибки, с целью выбора алгоритма, наилучшим образом создающего иллюзию непрерывного тона.

Схема работы методов диффузии ошибки представлена на рисунке 1. Для каждого пикселя изображения производится пороговая обработка, ошибка от которой рассеивается на соседние пиксели в соответствии с так называемым *ядром преобразования*, представляющим из себя матрицу весов. Отличительными чертами алгоритмов данного класса являются:

- 1) ядро преобразования (*Флойда-Стейнберга* [2], *Джарвиса* [3], *Стуки* [4], *Фэна* [5] и пр.);
- 2) порядок обхода пикселей (построчный, *серпантинный*, *Гильберта-Пеано* [6] и пр.);
- 3) наличие или отсутствие адаптивных колебаний весов ядра.

Нестандартный порядок обхода изображения и адаптивные колебания весов в общем случае улучшают качество растривания, однако увеличивают время работы. Основной интерес представляет исследование влияния ядер преобразования на качество результата.

Стандартные метрики качества, используемые для полутоновых изображений, не учитывают особенностей восприятия человеком бинарных изображений. Поэтому в работе произведено исследование качества растриванных бинарных изображений при помощи метрики *WSNR* [7], учитывающей свойства системы человеческого зрения.

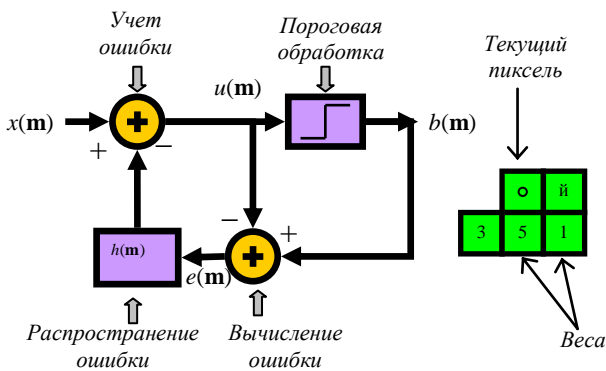


Рисунок 1. Схема методов диффузии ошибки



Рисунок 2. Тестовые изображения

В работе был произведен эксперимент по исследованию показателя *WSNR* растриванных методами диффузии ошибки изображений. Шесть образцов, изображённых на рисунке 2, растривались методом диффузии ошибки с различными ядрами преобразований, в числе которых 4 ядра описаны в литературе, а прочие смоделированы автором. Результаты эксперимента представлены на рисунке 3 в виде графика и позволяют сделать следующие выводы:

³ Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 09-01-00511-а.

1. Качество растривования существенно ухудшается при ядрах размером более 2×4 , к которым относятся широко используемые ядра Джарвиса и Стуки.

2. Наиболее качественные изображения получены ядрами, изображенными на рисунке 4, в числе которых второе – ядро Фэна, а третье – ядро Флойда-Стейнберга.

3. Лучшее по итогам эксперимента ядро (первое на рисунке 4) прежде не встречалось автору в литературе. Помимо этого, оно имеет лишь три весовых коэффициента, что положительным образом влияет на скорость преобразования и делает целесообразным его практическое использование.

4. Ещё одно ядро, показавшее хорошие результаты, – ядро 8-2-2-4 (четвёртое на рисунке 4), все веса которого являются степенями двойки, что также делает его привлекательным для программной реализации.

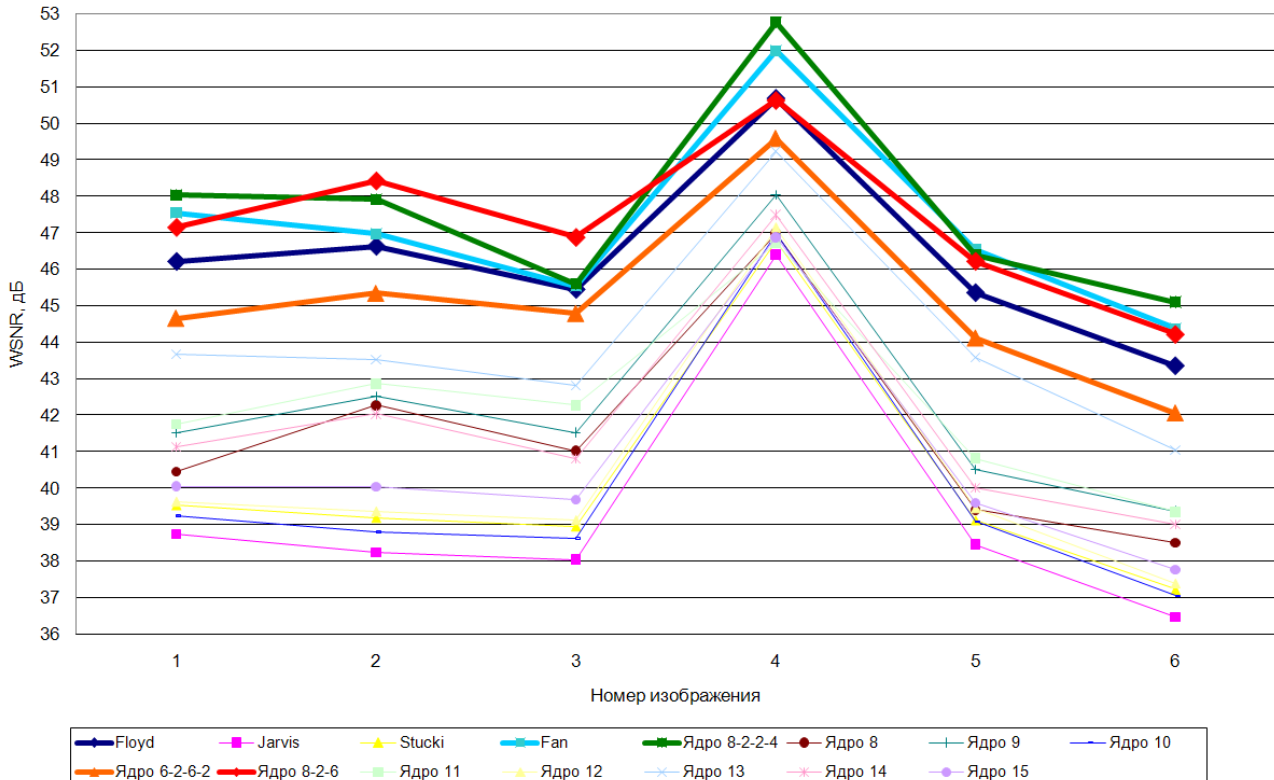


Рисунок 3. Результаты эксперимента

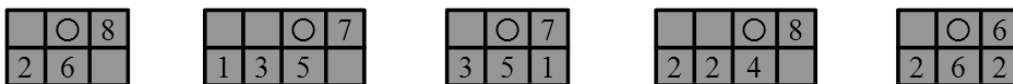


Рисунок 4. Наилучшие по критерию WSNR ядра

Список литературы

1. R. A. Ulichney, "Digital Halftoning", MIT Press, 1987.
2. R. W. Floyd and L. Steinberg, "An adaptive algorithm for spatial gray-scale," Proceedings Society Information Display, vol. 17, no. 2, pp. 75–78, 1976.
3. J. F. Jarvis, C. N. Judice, and W. H. Ninke, "A survey of techniques for the display of continuous-tone pictures on bilevel displays," Comp. Graf. Im. Pr., vol. 5, pp. 13–40, 1976.
4. P. Stucki, "MECCA – a multiple-error correcting computation algorithm for bilevel image hardcopy reproduction," Tech. Rep. RZ1060, Zurich, Switzerland, 1981.
5. Zh. Fan, "A simple modification of error-diffusion weights," Proceedings of SPIE'92.
6. L. Velho and J. M. Gomes, "Digital halftoning with space filling curves," Computer Graphics, vol. 25, no. 4, pp. 81–90, 1991.
7. T. D. Kite, B. L. Evans and A. C. Bovik, "Modeling and quality assessment of halftoning by error diffusion", in IEEE Trans. Image Processing, vol. 9, pp. 909-922, May 2000.