

Романюк А.Н.,
доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры программного обеспечения,
Винницкий национальный технический университет

Вяткин С. И.,
кандидат технических наук,
с.н.с. Института автоматизации и электрометрии СО РАН

Романюк О. В.,
кандидат технических наук,
доцент кафедры программного обеспечения,
Винницкий национальный технический университет

ОПТИМИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД ДИФФУЗИИ ОШИБКИ ДЛЯ РАСТРИРОВАНИЯ ПОЛУТОНОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Аннотация: Предложен метод диффузии ошибки, который дает более качественные результаты. Метод работает быстрее известных алгоритмов с использованием ядра Флойда, при этом он проще. Непрерывность во всем диапазоне уровней интенсивности достигается благодаря сглаживающей интерполяции между соответствующими коэффициентами распределения ключевых уровней. Метод применим в широком диапазоне приложений компьютерной графики, где необходимо использовать цветное квантование с хорошими визуальными свойствами.

Ключевые слова: растривание изображений, диффузия ошибки, качество изображения, квантование цвета

Abstract: The method of error diffusion is proposed, which gives better results. The method works faster than known algorithms using Floyd kernel, while it is simpler. Continuity over the entire range of intensity levels is achieved by smoothing interpolation between the corresponding key level distribution coefficients. The method is applicable in a wide range of computer graphics applications where it is necessary to use color quantization with good visual properties.

Keywords: image rasterization, error diffusion, image quality, color quantization

Введение

Для передачи полутоновых изображений используется растривание [1]. Метод пороговой обработки по матрице значений является очень

распространенным. Однако эффективное его применение ограничено контрастными изображениями с малым количеством уровней яркости. Не использующий матричную пороговую обработку является метод диффузии ошибки [2], который не имеет таких недостатков. Метод [2] широко используется [3]. Тем не менее, метод [2] содержит ряд недостатков. Этот метод производит четко идентифицируемые визуально заметные артефакты в светлых и темных областях [4].

В данной работе предлагается метод для расчета коэффициентов распределения, обеспечивающих хорошее визуальное качество.

Оптимизированный метод диффузии ошибки

Результат алгоритма диффузии ошибки считается хорошим, когда его спектр Фурье близок к "синему шуму" [5]. Аперидическая структура имеет свойство синего шума, когда ее спектр Фурье радиально симметричен и не обладает энергией на низких частотах. Характеристика частоты синего шума определяется по среднему значению расстояния между черными пикселями патча для заданного уровня интенсивности. Имеем набор коэффициентов распределения

$$C^1 = \{c_{10}^1, c_{-11}^1, c_{01}^1\}$$

для уровня интенсивности входного сигнала g^1 , а другой набор

$$C^2 = \{c_{10}^2, c_{-11}^2, c_{01}^2\}$$

для входного уровня интенсивности g^2 , которые создают две различные структуры артефактов, а затем для всех промежуточных уровней интенсивности g^i между g^1 и g^2 , структура артефакта изменяется очень плавно, когда коэффициенты распределения

$$C^i = \{c_{10}^i, c_{-11}^i, c_{01}^i\}$$

рассчитываются как гладкая интерполяция между C^1 и C^2 .

Простейшим случаем является линейная интерполяция между C^1 и C^2 . Для

любого уровня интенсивности g^i сумма коэффициентов распределения должна быть равна 1, чтобы сохранить точность воспроизведения тона:

$$c_{10}^i | c_{-11}^i | c_{01}^i = 1$$

Есть уровни интенсивности, которые потенциально проблематичны. Оригинальный алгоритм диффузии ошибки производит более или менее сильные артефакты на уровнях интенсивности 1/255, 64/255, 85/255, 127/255. Это ключевые уровни. Структуры артефактов для входных уровней интенсивности g_j и g_{255-j} являются идентичными, с инвертированными значениями черного и белого. Это разрешение необходимо ограничить на половину диапазона [0..127], затем продлить его симметрично вокруг 127.5. Исходя из этих предположений, предлагается метод нахождения всех 256 наборов коэффициентов распределения

$$C^i = \{c_{10}^i, c_{-11}^i, c_{01}^i\}$$

Для каждого уровня интенсивности среди потенциально проблемных единиц (ключевые уровни) ищем набор распределения

$$C^k = \{c_{10}^k, c_{-11}^k, c_{01}^k\}$$

коэффициентов, которые производят выход, имея спектр Фурье как можно ближе к синему шуму. Между двумя ключевыми уровнями интенсивности g^1 и g^2 , имеющих распределение коэффициентов множеств C^1 и C^2 , применяем линейную интерполяцию между соответствующими коэффициентами распределения.

Заключение

Предложен оптимизированный метод диффузии ошибки. С его помощью можно решать важные визуальные задачи, присущие оригинальному алгоритму Флойда [2]. Метод быстрее, чем большинство других алгоритмов, а изображения получаются качественными. Эффективность метода основана на заведомо ограниченной выборке коэффициентов распределения. Устранение артефактов связано с процессом

офф-лайнной минимизации, применяемой к набору основных параметров (распределение коэффициентов).

Список использованной литературы

1. H. Kipphan. Hybrid Printing Systems. Handbook of Print Media. 2000. P. 759-771. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-540-29900-4_6

2. R.W. Floyd, L. Steinberg. An adaptive algorithm for spatial grey scale. Proceeding Society Information Display, Vol. 17(2), P. 75–77, 1976.

3. R. A. Ulichney. Review of halftoning techniques. Color Imaging: Device-Independent Color, Color Hardcopy, and Graphic Arts V, Proceeding Vol.3963, Electronic Imaging, San Jose, CA, United States 22-28 January 2000. Editor(s): Reiner Eschbach, Gabriel G. Marcu.

4. Daniel L. Lau. Color Halftoning with Generalized Error diffusion. IS&T's 2000 PICS Conference, 2000.

<http://www.imaging.org/site/PDFS/Papers/2000/PICS-0-81/1639.pdf>

5. R. Ulichney. Digital Halftoning. 2019 The MIT Press. <https://mitpress.mit.edu/books/digital-halftoning>