

ОПТИМАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ СЖАТИЯ ЦВЕТНЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ SPIHT

Степнова Е.В.; Рычков А.Н.

Московский энергетический институт (технический университет)
105835, ГСП, Москва Е-250, ул. Красноказарменная, д.17
Тел.: (095)-362 7463, E-mail: davulena@dis.muh.ru; ra27@mail.ru

Алгоритмы на основе последовательного приближения [2,3] ориентированы на сжатие изображений с потерями и обладают высокой эффективностью. Один из таких методов SPIHT (Пространственно Упорядоченные Иерархические Деревья).

SPIHT-метод [3] группирует кодовые значения в множества, образованные на пространственно-упорядоченных иерархических деревьях в вейвлет-декомпозиции. Каждому участку изображения соответствует некоторое количество коэффициентов в матрице. Эти коэффициенты можно представить в виде дерева, где корнем является самая низкочастотная составляющая, относящаяся к этому участку, а ветвями – низкочастотные составляющие. Алгоритм оперирует следующими понятиями [3]: список значащих пикселей (СЗП) – список пикселей, значения которых больше текущего порогового значения; список незначащих пикселей (СНП) – список пикселей, значения которых меньше порога; список незначащих деревьев типа А и Б (СДА, СДБ) – список деревьев (СД), в которых все значения меньше порога, включая и не включая четыре пикселя верхнего уровня соответственно. Под пикселями понимаются элементы матрицы. Под порогом понимается число, равное степени двойки. Оно уменьшается в два раза между проходами. Алгоритм построен таким образом, что матрица обрабатывается бит за битом от старших к младшим. Таким образом, наиболее значащая информация кодируется в первую очередь.

Перед началом работы алгоритм вычисляет для каждой вершины дерева максимальное абсолютное значение дочерних вершин. Все деревья верхнего уровня заносятся в СД, все корни этих деревьев – в СНП. Далее в цикле повторяются фаза сортировки и фаза уточнения, после чего пороговое значение уменьшается в два раза. Работа алгоритма может быть прекращена в любой момент. Чем дольше будет работать алгоритм и чем больше данных попадет в выходной поток, тем лучше будет качество восстановленного изображения.

Разработанный для полутоновых изображений метод сжатия, построенный на алгоритме кодирования SPIHT, был использован для *цветных изображений*. Простейшая реализация такого подхода заключается в независимом сжатии каждой из составляющих выбранной цветовой системы с помощью такой же процедуры кодирования, как и для черно - белого изображения. Степень сжатия, т.е. отношение размера входного (не кодированного) файла к размеру выходного (кодированного) определяется заданным битрейтом (BitRate). Если желаемая степень сжатия N:1 (BitRate=n/N, n- BitRate оригинала), необходимо каждую из составляющих цветного изображения кодировать с BitRate1 =kn/sN для 1-ой составляющей, BitRate2 =ln/sN для 2-ой, BitRate3 =mn/sN для 3-ей, где s = k + l + m. Таким образом, получаем формат кодирования k:l:m, то есть соотношение 1, 2 и 3 составляющей. При работе с цветным изображением в определенной цветовой системе нужно учитывать особенности системы, выбирая формат кодирования. От рационального выбора зависит эффективность. В результате применения различных систем была выбрана – YIQ, так как она учитывает психофизические особенности зрения и лучше остальных устраняет избыточность цветовых составляющих. В цветовом пространстве YIQ составляющая Y содержит информацию о яркости изображения, а составляющие I и Q - о его цветности. За счет того, что человеческий глаз менее чувствителен к цвету, чем к яркости, появляется возможность архивировать массивы для I и Q компонент с большими потерями и, соответственно, большими коэффициентами сжатия.

Преобразования между цветовыми системами RGB и YIQ:

RGB в YIQ:

$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.522 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}, \quad \text{YIQ в RGB: } \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0.956 & 0.623 \\ 1 & -0.272 & -0.648 \\ 1 & -1.105 & 0.705 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix}.$$

В данном алгоритме формат кодирования не является константой, а выбор его зависит от отношения средней энергии массивов составляющих Y, I, Q цветного изображения. На первом шаге вычисляется корень средне квадратичного значения каждой составляющей (E_Y, E_I, E_Q), затем на основе этих вычислений строится формат по формуле, полученной эмпирически

$$\left[\frac{E_Y}{E_Q} \right] : \left[\frac{E_I}{E_Q} \right] : 1,$$

где $\lceil x \rceil$ - округление в положительную сторону, а $\lfloor x \rfloor$ – округление в отрицательную.

Ниже приводятся результаты для изображений Baboon и Pepper (размер 512 X 512). Моделирование проводилось для биортогональных фильтров 9/7, так же как и в [4], описанных в [1]. В работе [4] предложен метод, который является векторным расширением SPIHT-алгоритма.. VSPIHT применяется к сжатию многоспектральных изображений, в частности к сжатию 24-битных цветных изображений. Алгоритм [4] значительно более сложен в реализации, чем предлагаемый в данной работе. Как видно из табл. 1. , предложенный алгоритм превосходит [4] при кодировании цветных изображений.

табл. 1

Baboon (512x512), формат 10:2:1			Peppers (512x512), формат 5:1:1		
BitRate	VSPIHT	osSPIHT*	BitRate	VSPIHT	osSPIHT*
0,3	21,53	21,79	0,15	27,18	27,80
0,6	22,98	23,50	0,3	31,22	31,42
0,9	24,45	24,82	0,45	33,23	33,47
1,2	25,20	25,80	0,6	34,68	35,03
1,5	25,85	26,69	0,75	35,79	36,08
1,8	26,44	27,43	0,9	36,56	36,94
2,1	27,00	28,09	1,05	37,23	37,73
2,4	27,66	28,69	1,2	37,96	38,39
2,7	28,19	29,29	1,35	38,53	39,00
3,0	28,48	29,75	1,5	38,94	39,52

* - optimal scalar SPIHT

Литература:

- [1] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image coding using wavelet transform," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 1, pp. 205-220, April 1992.
- [2] J. M. Shapiro, "Embedded image coding using zerotrees of wavelet coefficients," *IEEE Trans. Signal Processing*, vol. 41, no. 12, pp. 3445-62, Dec. 1993.
- [3] A. Said and W. A. Pearlman, "A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 243-50, June 1996.
- [4] D. Mukherjee, and Sanjit K. Mitra, "Arithmetic coded vector set-partitioning with classified tree-multistage VQ for color image coding," *Proceedings of the IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing*, Redondo Beach, California, pp. 444-49, December 1998.

OPTIMAL SCALAR SPIHT FOR COLOR IMAGES

Stepnova E., Rychkov A.

Moscow Power Engineering Institute, Department of Electrical Physics
E-mail: davulena@dis.muh.ru; ra27@mail.ru

This paper considers low complexity method for coding color images. Proposed algorithm reducing spectral redundancy using YIQ basis, and spatial one using SPIHT. The worked out formula which yields optimal bit allocation is considered.

In [3] there was proposed vector expansion of SPIHT [2] in order to reduce spectral redundancy. In this work redundancy eliminating is performed using another color basis. From different color systems YIQ system was chosen being optimal in terms of rate-distortion. After color basis transform the bit allocation task is solved by next empirical formula

$$\left[\frac{E_Y}{E_Q} \right] : \left[\frac{E_I}{E_Q} \right] : 1,$$

where E_i - root-mean-squared-value of i th color component. This formula produces next spectral bitrate ratio - $n:m:k$, i.e. if we have total bitrate b the Y component should be coded with $b \cdot n / (n+m+k)$ bitrate, I component should be coded with $b \cdot m / (n+m+k)$ bitrate e.t.c. The results are shown in Table 1 for 9/7 bi-orthogonal filters [1]. Table shows that this method outperforms [3] when applied to 24bit images.

Table 1

Baboon (512x512), формат 10:2:1			Peppers (512x512), формат 5:1:1		
BitRate	VSPIHT	osSPIHT	BitRate	VSPIHT	osSPIHT
0.3	21.53	21.79	0.15	27.18	27.80
0.6	22.98	23.50	0.3	31.22	31.42
0.9	24.45	24.82	0.45	33.23	33.47
1.2	25.20	25.80	0.6	34.68	35.03
1.5	25.85	26.69	0.75	35.79	36.08
1.8	26.44	27.43	0.9	36.56	36.94
2.1	27.00	28.09	1.05	37.23	37.73
2.4	27.66	28.69	1.2	37.96	38.39
2.7	28.19	29.29	1.35	38.53	39.00
3.0	28.48	29.75	1.5	38.94	39.52

* - optimal scalar SPIHT

References:

- [1] M. Antonini, M. Barlaud, P. Mathieu, and I. Daubechies, "Image coding using wavelet transform," *IEEE Trans. Image Processing*, vol. 1, pp. 205-220, April 1992.
- [2] A. Said and W. A. Pearlman, "A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees," *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, vol. 6, no. 3, pp. 243-50, June 1996.
- [3] D. Mukherjee, and Sanjit K. Mitra, "Arithmetic coded vector set-partitioning with classified tree-multistage VQ for color image coding," *Proceedings of the IEEE Workshop on Multimedia Signal Processing*, Redondo Beach, California, pp. 444-49, December 1998.