

МЕТОД КОМПРЕССИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ВЕКТОРНОГО КВАНТОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ДИСКРЕТНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Умняшкин С.В., Коплович Д.М.

Московский государственный институт электронной техники

Во многих методах компрессии (с потерями) сигналов и изображений общую схему кодирования и декодирования дискретного сигнала (изображения) можно представить в следующем виде.



Такая схема обработки используется, в частности, в стандартном методе JPEG [1]. При использовании блочной обработки сигнал (изображение) разбивается на блоки (фрагменты), каждый из которых обрабатывается по приведенной выше схеме. Если вместо простейшего варианта скалярного квантования применить для обработки спектров фрагментов векторное квантование [2–4], то при построении схемы компрессии возникают следующие вопросы.

1. Каким образом разбивать спектр каждого фрагмента на те отдельные наборы компонент (подмножества), которые будут представлять собой входные данные (вектора), обрабатываемые далее *независимо* при помощи векторных квантователей?

2. Каким образом построить кодую книгу для каждого квантователя?

Поясним смысл первого вопроса. Потенциальное преимущество векторного квантования над скалярным состоит в том, что при векторном рассмотрении (в данном случае, квантовании) данных можно учесть межкомпонентные статистические зависимости. Если рассматривать спектр некоторого фрагмента изображения целиком, т.е. не выделяя в нем какие-то подмножества компонент, то применение предварительного преобразования фрагмента теряет смысл, с тем же успехом этот фрагмент изображения можно было рассматривать как исходный вектор данных для векторного квантования. Однако даже небольшой, например 8×8 пикселей, фрагмент изображения – это 64-компонентный вектор данных, который в области изображения обладает огромным количеством возможных реализаций, что также приводит к неприемлемым объемам кодовых книг. Для того чтобы сократить размерность обрабатываемых векторов, набор данных, соответствующий каждому фрагменту, нужно одинаково для каждого фрагмента разбивать на некоторые подмножества, количество таких подмножеств и определяет число используемых векторных квантователей. В области изображения разбиение на подмножества соответствует уменьшению фрагмента обработки, т.е. влечет потерю информации, заключенной в статистических зависимостях между фрагментами. В области преобразований же, за счет того, что межэлементные зависимости оказываются существенно сниженными, такое разбиение более оправдано. Формулировка задачи разбиения спектров ортогональных преобразований на кластеры и возможный алгоритм ее решения приведены в [5]. Как показали наши эксперименты по обработке различных фотографических изображений [6], для ДКП наибольшую эффективность при кодировании реальных изображений дает разбиение 64-компонентного спектра на 14 кластеров, см. рис. (левый верхний угол соответствует постоянной составляющей, которая обрабатывается отдельно).

Алгоритм кодирования изображений на основе адаптивного векторного квантования блоков ДКП, разбитых на кластеры, состоит из двух частей [6]. В первой части строится набор кодовых книг, которые потом используются как начальные кодовые книги для алгоритма адаптивного векторного квантования. Для всех изображений, подлежащих сжатию, можно использовать один и тот же набор кодовых книг (эксперименты на тестовых изображениях подтверждают, что падение качества в этом случае незначительно). Таким образом, первую часть алгоритма, включающую в себя алгоритм построения кодовой книги, который обладает невысокой скоростью работы, следует применить всего один раз. Полученные на выходе кодовые книги затем используются второй частью (как кодером, так и декодером) в качестве констант. Это позволяет не хранить кодовую книгу вместе со сжатым файлом. Вторая часть алгоритма представляет собой стандартную реализацию адаптивного алгоритма векторного квантования GTR. Кодирование выходных потоков индексов векторов и скалярно проквантованных компонент векторов

производится адаптивным многомодельным арифметическим [7] кодером. Постоянная составляющая спектра ДКП кодируется аналогично алгоритму JPEG. Недостатком алгоритмов [2] и [3] является сильная зависимость результата от задания начальной кодовой книги. Существующие способы ее построения часто приводят к недостаточно хорошим результатам. Поэтому для повышения эффективности кодирования изображения в нашей работе используется модификация алгоритма [3], названная *условным разделением с шагом в случайном направлении* [6].

0	8	2	6	11	12	11	12
3	10	3	5	7	9	4	9
2	8	2	6	1	4	1	4
13	10	3	5	13	1	4	9
14	8	14	6	1	4	1	12
7	5	7	5	7	9	7	9
14	12	11	12	11	12	11	12
13	10	13	10	13	10	13	10

Реализованный алгоритм [6] сравнивался со стандартным методом JPEG и его модификацией, использующей вместо кодирования Хаффмана арифметическое кодирование. Результаты тестирования предложенного алгоритма при объемах кодовых книг в 256 векторов (для каждого кластера) приведены на рисунках ниже.

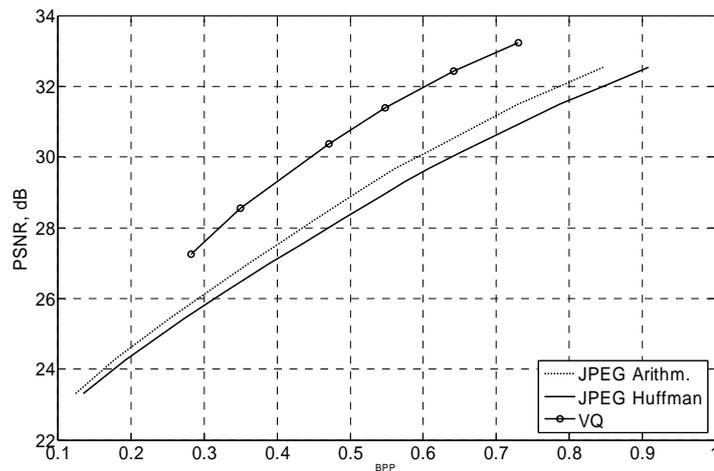


Рис. 1. Результаты обработки изображения Barbara

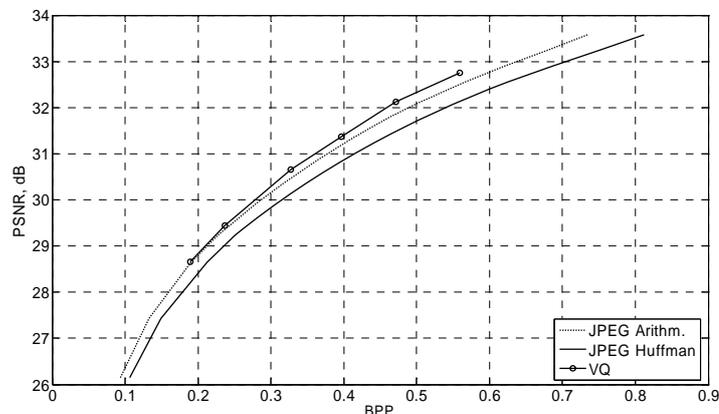


Рис. 2. Результаты обработки изображения Goldhill

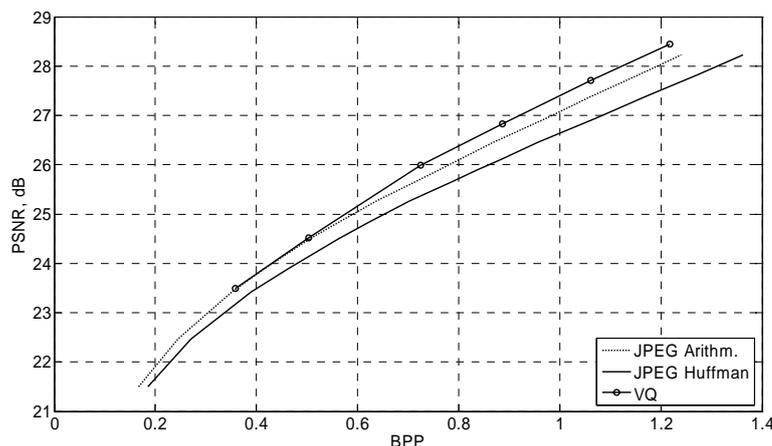


Рис. 3. Результаты обработки изображения Mandrill

Таким образом, подход, основанный на предложенном способе разбиения спектров дискретных преобразований на кластеры для независимого векторного квантования и на модифицированном методе построения начальной кодовой книги, подтвердил свою высокую эффективность при обработке реальных изображений. Соответствующая схема компрессии изображений при использовании ДКП позволяет получить выигрыш в сжатии данных до 25% по сравнению с методом JPEG, причем наилучшие результаты наблюдаются при обработке изображений, плохо поддающихся сжатию с помощью JPEG. Дальнейшие пути развития предложенного метода кодирования изображений предполагают совершенствование метода статистического кодирования компонент спектра ДКП для скалярного кодирования, требуемого при адаптации кодовой книги.

Первые эксперименты, проведенные нами, позволяют также ожидать высоких результатов при использовании описанного метода векторного квантования в области вейвлет-преобразований.

Литература

1. G. K. Wallace. The JPEG still picture compression standard. IEEE Trans. Consumer Electron., vol. 38, no. 1, pp. 18–34, Feb 1992.
2. Y. Linde, A. Buzo, R. M. Gray. An Algorithm for Vector Quantizer Design. IEEE Transactions on Communication, vol. COM-28, No.1, January 1980, pp.84-95.
3. P. A. Chou, T. Lookabaugh, R. M. Gray. Entropy-constrained vector quantization. IEEE Transactions on ASSP, vol.37, No.1, January 1989, pp.31-42.
4. E. Fowler, S. C. Ahalt. Adaptive vector quantization using generalized threshold replenishment. Proceedings of the IEEE Data Compression Conference, J. A. Storer and M. Cohn, Eds., Snowbird, UT, March 1997, pp. 317-326.
5. Умняшкин С.В. О кластеризации коррелированных данных. // Информационные технологии в инновационных проектах. Международная конференция (г.Ижевск, 20-22 апреля 1999г.): Материалы докладов. - Ижевск, ИжГТУ, 1999. - С. 59-65.
6. Умняшкин С.В., Коплович Д.М. Метод компрессии изображений на основе векторного квантования коэффициентов в области дискретных преобразований. // Известия высших учебных заведений. Электроника, №4-5. – М.: МИЭТ, 2005. – С.149-156.
7. I. H. Witten, R. Neal and J. G. Cleary. Arithmetic coding for data compression. Communications of ACM, 1987.

AN IMAGE COMPRESSION METHOD BASED ON VECTOR QUANTIZATION IN TRANSFORM DOMAIN

UMNYASHKIN S., KOPLOVICH D.

Moscow institute of electronic technology

A method of separation of transform coefficients into zones of independent vector quantization (VQ) and technique for building initial VQ code books are proposed. The resulting scheme of image compression in 8×8 DCT domain shows up to 25% increase in compression gain as opposed to baseline JPEG method.

