

**ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПРИ ФРАКТАЛЬНОМ СЖАТИИ
ИЗОБРАЖЕНИЙ**

Шмойлов А.В.

Академия ФСО России

Фрактальный подход к сжатию изображений оказался в центре внимания ученых сравнительно недавно, но, несмотря на это уже получено много как теоретических, так и практических результатов фрактального кодирования, т. к. потребность во все большем увеличении объемов информации и скорости ее передачи побудили продолжить исследования для построения более совершенных методов [1]. Фрактальные методы сжатия являются одними из наиболее эффективных методов по степени упаковки изображения. Во фрактальном сжатии изображений используются системы итерируемых функций (ИФС) специального вида, а именно системы итерируемых кусочно–определенных функций, которые состоят из полного метрического пространства X , набора подобластей $D_i \subset X, i = 1, \dots, n$ и набора сжимающих отображений $\tilde{w}: D_i \rightarrow X, i = 1, \dots, n$ (рис. 1).

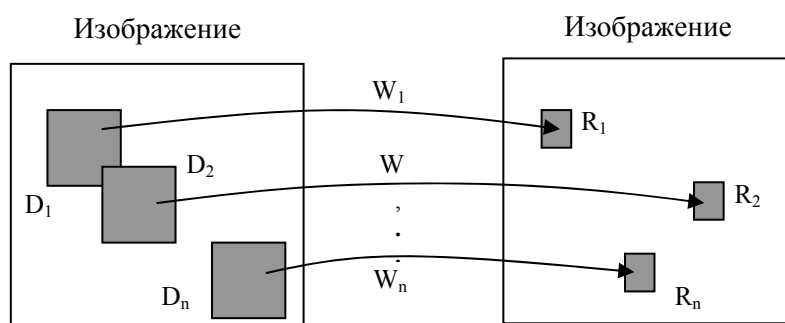


Рис. 1 Система итерируемых кусочно–определенных функций

Разобьем единичный квадрат I^2 на множество ранговых блоков $\{R_i\}$, которые образуют покрытие I^2 [2, 3]:

$$I^2 = \bigcup R_i, R_i \cap R_j = 0 \tag{1}$$

Пусть \tilde{w}_i – ИФС вида $\tilde{w}_i : D_i \rightarrow R_i$ (2)

для некоторого множества доменных областей $D_i \subset I^2$.

Для каждого \tilde{w}_i определим соответствующее сжатие w_i на пространстве изображений F :

$$w_i(f)(x, y) = s_i f(\tilde{w}_i^{-1}(x, y)) + o_i \tag{3}$$

где s_i – коэффициент сжатия выбирается так, чтобы w_i было сжатием.

Теперь определим $W : F \rightarrow F$ следующим образом

$$W(f)(x, y) = w_i(f)(x, y) \text{ для } (x, y) \in R_i \tag{4}$$

В силу того, что ранговые области R_i покрывают I^2 , W определено для всех (x, y) из I^2 и, следовательно, $W(f)$ является изображением. Так как каждое отображение w_i является сжатием, то W является сжатием на F . Поэтому, согласно теореме о сжимающих отображениях, W имеет единственную неподвижную точку $f_w \in F$, удовлетворяющую

$$W(f_w) = f_w \tag{5}$$

Итеративно применяя W к произвольному начальному изображению f_0 мы получим неподвижную точку f_w :

$$W^{0n}(f_0) \rightarrow f_w, \text{ при } n \rightarrow \infty \tag{6}$$

где $W^{0n}(f_0)$ – это $W(W(\dots W(f_0)))$ (n раз).

В то время как теорема о сжимающих отображениях обеспечивает саму возможность фрактального кодирования, практический способ его реализации дает теорема коллажа. Вместо того, чтобы думать о бесконечном количестве итераций, применяемых к данному изображению, необходимо только найти такое отображение W , однократное применение которого, то есть изображение $W(f)$, будет близким к желаемому изображению f [2].

Пусть задано изображение f . Предположим, что можно найти сжимающее отображение W , такое что

$$d_2(f, W(f)) \leq \varepsilon \quad (7)$$

где $d_2(f, W(f))$ - метрика исходного изображения и его отображения.

$$\text{Тогда } d_2(f, f_w) \leq \frac{\varepsilon}{1-s} \quad (8)$$

Это означает, что можно начинать с любого изображения g и итеративно применять преобразование W к изображению g , чтобы получить изображение, близкое к f .

$$W^{0^n}(g) \rightarrow f_w \approx f \quad (9)$$

Заметим, что преобразование W должно быть сжатием с коэффициентом сжатия s много меньшим единицы, в противном случае условие, содержащееся в правой части неравенства (8), теряет смысл.

Одним из способов повышения качества восстановления изображений при фрактальном кодировании является комбинирование фрактального способа сжатия с векторным квантованием. Это связано с тем, что для ранговых областей с большим динамическим диапазоном бывает сложно подобрать домен с еще большим динамическим диапазоном, поэтому для кодирования таких областей используется кодовая книга, построенная с использованием векторного квантования. Формирование кодовой книги осуществляется из ряда тестовых изображений итерационным кластерным алгоритмом известным также как алгоритмом k -средних, описанным в [4]. Рис. 2 иллюстрирует предлагаемый способ кодирования.

Кроме улучшения качества восстановления изображений уменьшается время их декомпрессии в декодере. Если векторная книга составлена из векторов, имеющих большой динамический диапазон, которые содержатся в кодируемом изображении, то уже после первой итерации блоки, которые сжимались с использованием векторной книги, получают окончательные правильные значения. Соответственно, это влияет на скорость сходимости всего множества точек изображения за счет того, что если эти области служат ранговыми областями для других доменных областей изображения, которые уже ко второй итерации получают, таким образом, значения достаточно близкие к предельным.

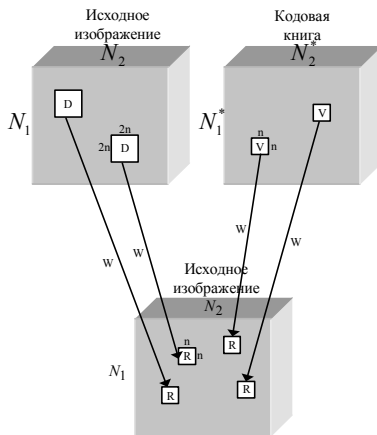


Рис.2 Отображение доменных блоков и блоков из кодовой книги в ранговые области исходного изображения

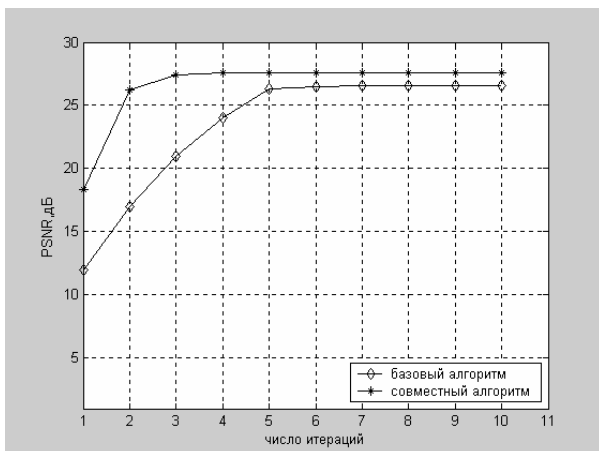


Рис. 3 Пиковое соотношение сигнал/шум (PSNR) для 1-10 итераций при восстановлении изображения “Peppers” с помощью базового алгоритма и при совместном использовании векторного квантования и фрактального кодирования

На рис. 3 видно, что при использовании векторного квантования предельное качество тестового изображения “Peppers” достигается уже к четвертой итерации, в то время, как в базовом фрактальном алгоритме это изображение стабилизируется только на седьмой итерации. Такая же тенденция сохраняется при использовании предлагаемого алгоритма и на других изображениях.

Таким образом, предложенный способ позволяет добиться улучшения качества восстановления изображения при незначительном усложнении фрактальных алгоритмов компрессии и декомпрессии. Кроме того, как показано на рис. 3, происходит ускорение работы декодера.

Литература

1. Р. М. Кроновер Фракталы и хаос в динамических системах. Основы теории. – М.: Постмаркет, 2000.
2. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. Учебное пособие. – М.: Изд. Триумф, 2003.
3. Barnsley, M. Fractals Everywhere, 2nd ed., Boston: Academic Press. 1993.
4. Спутниковое телевидение. Новые методы передачи/ Н. Г. Харатишвили, Э. И. Кумыш, В. Ю. Епанечников, О. Г. Зумбуридзе.; Под ред. Н. Г. Харатишвили. – М.: Радио и связь, 1993.

ONE OF WAYS OF IMPROVEMENT OF QUALITY AT FRACTAL IMAGE COMPRESSION

Shmojlov A.

Academy FSG of Russia

Fractal the approach to compression of images appeared in the center of notice of scientists rather recently, but, despite of it is already received much both theoretical, and practical results fractal encodings. Rates transmission of information have induced requirement for the increasing magnifying of information volumes to continue of probing for construction of more perfect methods. Fractal methods of compression are one of the most effective methods on a degree of packing of the image. The idea of compression of the images, based on theories of an iterated function system (IFS), for the first time has been stated to M. Barnsley in 1987. Subsequently M. Barnsley offers have been modified and added, and opportunities of a new method of the compression named fractal, were widely discussed in scientific circles.

The base theorem for all methods fractal encodings is the theorem of compressing displays. Really: there is an image f , try to find compressing display W , such that the image f_w being the nonmovable point of display W , was close to f . Then W contains the information necessary for reception f_w . If for storage W it is required less places, than for a storage of the image f , means we compression of the image have achieved.

While the theorem of compressing displays provides an opportunity fractal encodings, the practical way of its realization is given with the theorem of a collage. Instead of thinking of infinite quantity of the iterations used to the given image, it is necessary to find only such display W , which single application, that is the image $W(f)$, will be close to the desirable image f .

One of ways of improvement of quality of restoration of images at fractal encoding is the combination fractal a way of compression with vector quantization. It is coupled by that for range areas with the big volume range happens to pick up difficultly the domain with even big volume range, therefore for encoding such areas the code book constructed with use of vector quantization is used. Shaping of the code book is carried out from lines of test images iterative cluster by algorithm known as well as algorithm k-average.

Except for improvement of quality of restoration of images their time decompression in the decoder decreases. If the vector book is made of the vectors having the big volume range which contain in the coded image already after the first iteration blocks which were compressed with use of the vector book, receive final correct values. Accordingly, it influences rate of convergence of all set of points of the image because if these areas serve range as areas for other domain areas of the image which already to the second iteration receive, thus, values enough close to limiting.

Thus, the offered way allows achieving improvement of quality of restoration of the image at insignificant complication fractal algorithms of a compression and decompression.

The literature

1. R. M. Crowover Introduction to fractals and chaos. Bases of the theory. - M.: Postmarket, 2000.
2. S. Welstead Fractal and wavelet image compression techniques. - M.: Triumph, 2003.
3. Barnsley, M. Fractals Everywhere, 2nd ed., Boston: Academic Press. 1993.
4. A satellite television. New methods of transmission / of N.G.Haratishvili, E.I.Kumysh, V.J.Epanechnikov, O.G.Zumburidze. - M.: Radio and communication, 1993.