

ПРИМЕНЕНИЕ РЕКУРСИВНЫХ СТРУКТУР В ФРАКТАЛЬНОМ СЖАТИИ ИЗОБРАЖЕНИЯ

к.т.н. В.Е. Мануйлов, к.т.н. Ю.В. Паржин, к.т.н. И.Д. Овсянников, С.Ю. Гайдаров
(представил проф. А.В. Королев)

В данной статье рассматривается метод фрактального кодирования с использованием рекурсивного дерева, как один из наиболее эффективных методов по степени сжатия изображений с потерей качества.

Значительный объем информации, передаваемой по каналам связи, представляет собой видеoinформация, компактное представление которой позволит уменьшить объем памяти необходимый для ее хранения, а также повысить скорость ее передачи. Наиболее перспективными методами сжатия видеoinформации являются методы с частичной потерей качества (СЧПК) восстанавливаемой видеoinформации, среди которых выделяются фрактальные методы сжатия видеoinформации. Эти методы позволяют получить больший коэффициент сжатия и меньшие потери восстановленной видеoinформации при больших коэффициентах сжатия, чем у известных методов СЧПК.

Сущность предложенного метода состоит в представлении изображения рекурсивной структурой в виде квадродерева или бинарного дерева, в котором каждый узел соответствует квадратной или прямоугольной части изображения (соответственно для каждого типа представления) и содержит 4 или 2 подузла, а корнем дерева является начальное изображение I^2 .

Тогда изображение кодируется с использованием двух основных шагов:

- рекурсивного представления;
- выбора домена и оптимального преобразования [2].

На шаге рекурсивного представления (РП) изображение делится на квадратные или прямоугольные диапазоны, которые не накладываются друг на друга:

$$\cup R_i = I^2 ; R_i \cap R_j = 0, i \neq j.$$

На первом этапе РП целое изображение определяется как один потенциальный диапазон. На следующих этапах этот диапазон делится на четыре квадрата в случае представления квадродеревом и на два прямо-

угольника для представления бинарным деревом, каждый из которых является новым потенциальным диапазоном [1].

Таким образом, получаем набор изображений, состоящих из блоков определенного размера, которые последовательно уточняют друг друга и стремятся к исходному.

Аппарат рекурсивной нумерации блоков разрешает в едином описании учесть положение, размеры блоков изображения, осуществлять над ними различные операции. Результаты этих операций уточняются, если происходит декомпозиция блоков для более детального представления.

Получаемые блоки изображений обладают свойством самоподобия, что облегчает кодирование данных изображений.

На втором шаге кодирования диапазоны, полученные в результате РП, сравниваются с блоками (доменами \mathbf{D}_i), которые больше чем диапазоны в 4 раза ($\mathbf{D}_i \subset \mathbf{I}^2$, $\mathbf{D}_i \cap \mathbf{D}_j = \mathbf{0}$ для $i \neq j$).

После того, как представление рекурсивной структурой выполнено, можно ограничить рабочую область, задавая максимальную и минимальную глубину дерева, так как не все уровни в полученной пирамидальной структуре будут использоваться для кодирования. Далее приступаем к кодированию изображения, используя прямой обход дерева [2].

Сжимающие отображения w_i применяются к \mathbf{R}_i и \mathbf{D}_i - фрагментам изображения \mathbf{f} , полученным в результате представления рекурсивной структурой, т.е. сжимающее аффинное преобразование отображает домены \mathbf{D}_i в диапазоны \mathbf{R}_i [3].

Так как в изображениях тяжело обнаружить большое количество самоподобных блоков, то ищем другое \mathbf{f}' такое, что минимум $d_{\text{CKO}}(\mathbf{f}', \mathbf{f})$

достигается при $\mathbf{f}' = \mathbf{x}_w$. Так как $\mathbf{x}_w = \mathbf{W}(\mathbf{x}_w) = \bigcup_{i=1}^n w_i(\mathbf{x}_w)$, то ищем совокупность доменов и соответствующую совокупность преобразований w_1, \dots, w_N такую, что

$$\mathbf{f} \approx \mathbf{f}' = \mathbf{W}(\mathbf{f}') \approx \mathbf{W}(\mathbf{f}) = w_1(\mathbf{f}) \cup w_2(\mathbf{f}) \cup \dots \cup w_N(\mathbf{f}) = \bigcup_{i=1}^n w_i(\mathbf{f}). \quad (1)$$

Схематично данный процесс поиска изображен на рис 1.

На практике сравнение домена и диапазона происходит с использованием средней квадратической ошибки, что позволяет достаточно просто вычислить оптимальные параметры преобразования.

Таким образом, в процессе кодирования \mathbf{I}^2 разделено на множество диапазонов $\cup \mathbf{R}_i = \mathbf{I}^2$ и $\mathbf{R}_i \cap \mathbf{R}_j = \mathbf{0}$, $i \neq j$. Для каждого $\mathbf{R}_i \subset \mathbf{I}^2$ подбирается домен $\mathbf{D}_i \subset \mathbf{I}^2$ в два раза больший диапазона, который располагается так, что $w_i(\mathbf{f})$ является близким к $\mathbf{f} \cap (\mathbf{R}_i \times \mathbf{I})$ настолько, насколько это возможно, т. е минимизируется

$$d_{\text{CKO}}(\mathbf{f} \cap (\mathbf{R}_i \times \mathbf{I}), w_i(\mathbf{f})), \quad i=1, \dots, N. \quad (2)$$

Домены можно выбирать из кодируемого изображения различными способами. Так как домены должны быть минимум в 2 раза больше диапазонов, то их поиск осуществляется на уровнях выше уровня потенциального диапазона.

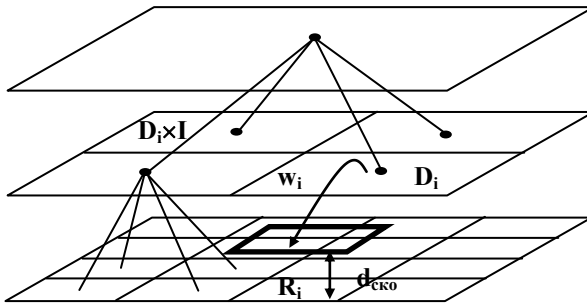


Рис. 1. Процесс отображения блоков доменов D_i в диапазоны R_i на базе рекурсивной структуры

Домены расположены на «квадратной решетке» для квадродерева и «прямоугольной решетке» для бинарного дерева (рис. 2). задается параметр l , который определяет шаг, с которым будут выбираться домены из изображения. Например, если $l = 1$, то домены выбираются из решетки со сторонами равными размеру домена, если $l = 2$, то домены выбираются из решетки со сторонами равными половине размера домена.

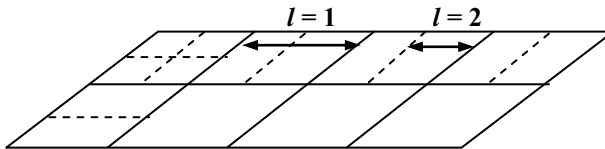


Рис. 2. Определение параметра l

Изменение параметра l ведет к изменению количества доменов и качества кодируемого изображения, так как большее количество доменов ведет к лучшему выбору домена и увеличению времени кодирования.

Рассмотрим два значения $l = 1, 2$, так как большие значения ведут к значительному увеличению времени кодирования. Таблица 1 показывает число доменов каждого размера при значениях параметра $l = 1, 2$.

Эти данные показывают, что увеличение размера библиотеки доменов приводит к лучшему сжатию и качеству восстанавливаемого изображения. Время кодирования изображений из-за наличия большого количества доменов очень велико, однако данные временные затраты оправдываются получением высоких коэффициентов сжатия. Зависимости времени кодирования изобра-

жения и коэффициента сжатия от параметра l для изображения размером 512×512 представлены на рис. 3.

Таблица 1

Число доменов для изображения 256×256 ($l = 1, 2$)

Размер домена	l	Число доменов
32	2	225
16	2	961
8	2	3969
4	2	16129
32	1	64
16	1	256
8	1	1024
4	1	4096

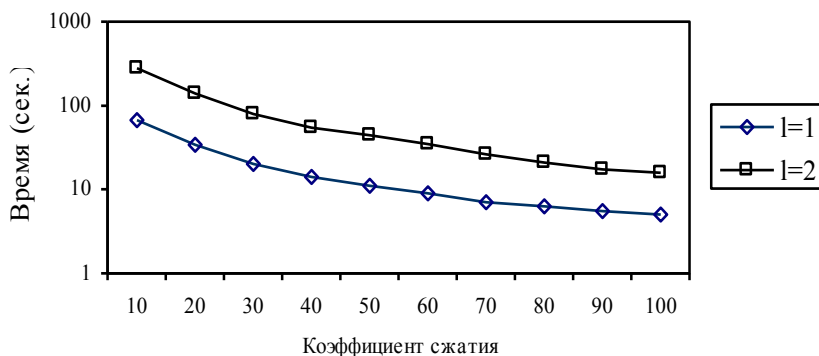


Рис. 3. Зависимости времени кодирования изображения и коэффициента сжатия от параметра l для изображения размером 512×512

Итак, метод фрактального кодирования с использованием рекурсивного дерева является одним из наиболее эффективных методов по степени сжатия изображений с потерей качества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В.В., Горский Н.Д. Представление и обработка изображений. Рекурсивный подход. – Л.: Наука, 1985. – 192 с.

2. Мануйлов В.Е., Паржин Ю.В. Способ рекурсивного представления изображения // Системы обробки інформації. Сб. научн. тр. – Харьков: НАНУ, ПАНИ, ХВУ, 1999. – С. 3 - 5.

3. Fisher Y. Fractal Image Compression. – IEEE SIGGraph Course Notes, 1992. – 148 p.
