

Д.Г. ПРИВЕЗЕНЦЕВ,
А.Л. ЖИЗНЯКОВ

**Представление цифровых
изображений с помощью
фрактальной модели**

УДК 004.942

Муромский институт
(филиал) ФГБОУ ВПО
«Владимирский
государственный
университет имени
Александра
Григорьевича и Николая
Григорьевича
Столетовых», г. Муром

В статье рассматривается способ описания цифрового изображения с помощью фрактальной модели. Описываемый подход основывается на древовидном фрактальном представлении, описывающего проявление свойства самоподобия внутри изображения.

In article the way of the description of the digital image using fractal models is considered. The described approach is based on treelike fractal representation, property of self-similarity describing display in the image.

Введение

Одним из важнейших аспектов использования методов цифровой обработки изображений является решение задач, связанных с распознаванием. Задача распознавания образов заключается в классификации изображений на основе определенных требований, причем изображения, относящиеся к одному классу образов, обладают относительно высокой степенью близости [1,2].

Принятый подход к распознаванию образов заключается в классификации на множестве признаков, вычисляемых по наблюдаемому изображению. Этот процесс обычно представляют как отображение пространства признаков в пространство решений. При таком подходе распознавание образов включает две задачи:

- отбор и упорядочивание признаков;
- собственно классификация.

Построение описания изображения на основе его представления с использованием признаков – является одной из наиболее

сложных задач в процессе построения любой системы распознавания. При этом если в рамках некоторых математических моделей удалось формализовать процесс классификации, то процесс выбора признаков до сих пор остается процедурой эвристической и зависимой как от предметной области, так и от разработчика.

В настоящее время, одним из развивающихся направлений в цифровой обработке изображений является фрактальный анализ изображений. Этому способствует тот факт, что большинство изображений в некоторой степени можно считать фракталами или мультифракталами [2]. Поэтому, изображение обладает свойствами и характеристиками фрактальных объектов, в том числе инвариантностью к масштабу рассмотрения и повороту, что целесообразно использовать для разработки новых методов фрактальной обработки изображений.

При описании цифрового изображения с помощью систем итерируемых функций, используемых при создании фракталов, представляется возможным формирование новых признаков изображений, основывающихся на фрактальном представлении изображения [3,4].

Представление фрактального кода изображений в виде дерева.

Разбиение изображения на ранговые блоки в процессе формирования фрактального кода осуществляется следующим образом. Вначале изображений разбивается на четыре части – четыре ранговых блока первого уровня $R^1 = \{R_1^1, R_2^1, R_3^1, R_4^1\}$. Затем для каждого рангового блока R_i^1 осуществляется поиск доменного блока D_j и преобразования w_j так, чтобы:

$$R_i^1 \approx w_j(D_j) \quad (3)$$

При такой аппроксимации доменным блоком имеет место ошибка аппроксимации ε . Если $\varepsilon \leq \varepsilon_{\max}$, где ε_{\max} - заданная максимальная ошибка аппроксимации, тогда текущий ранговый блок считается закодированным. Иначе ранговый блок разбивается на четыре ранговых блока второго уровня $R_j^2 = \{R_1^2, R_2^2, R_3^2, R_4^2\} \in R_i^1$. Затем процесс аппроксимации повторяется заново. Разбиение продолжается до тех пор, пока ошибка аппроксимации не будет удовлетворять за-

данным условиям, или не будет достигнута максимальная глубина разбиения.

Таким образом, изображение состоит из четырех ранговых блоков первого уровня, каждый ранговый блок первого уровня состоит из четырех ранговых блоков второго уровня и т.д.

Графическое представление ранговых блоков тестового изображения приведено на рисунке 1.

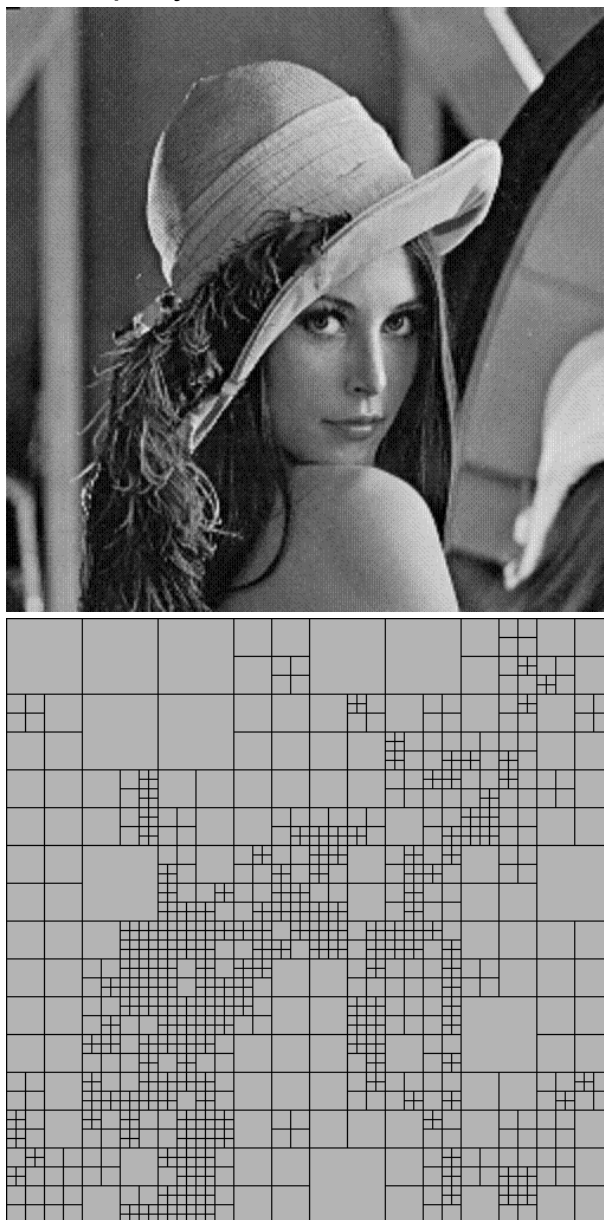


Рис. 1. Исходное изображение и сформированные для него ранговые блоки

Аналитически ранговые блоки изображения можно представить в виде дерева, где корневым элементом является изображение, а

листьями являются ранговые блоки, из которых строится изображение.

Представим изображение f в виде графа $G = (V, \bar{U})$, где V - список ранговых блоков изображения, \bar{U} - связи между ранговыми блоками. Тогда процесс формирования дерева ранговых блоков изображения можно расписать следующим образом. Имеется ранговый блок нулевого уровня R^0 , которому соответствует все изображение, т.е. $v_1 = R^0$. Он содержит ранговые блоки первого уровня $\{R_1^1, R_2^1, R_3^1, R_4^1\} \in R^0$, т.е.:

$$v_2 = R_1^1, v_3 = R_2^1, v_4 = R_3^1, v_5 = R_4^1, \\ \{\bar{u}_1 = (v_1, v_2), \bar{u}_2 = (v_1, v_3), \bar{u}_3 = (v_1, v_4), \bar{u}_4 = (v_1, v_5)\} \in \bar{U}.$$

Продолжив далее формирование фрактального кода, получается законченное дерево ранговых блоков, из которого строится изображение. Фрагмент дерева ранговых блоков приведен на рисунке 2.

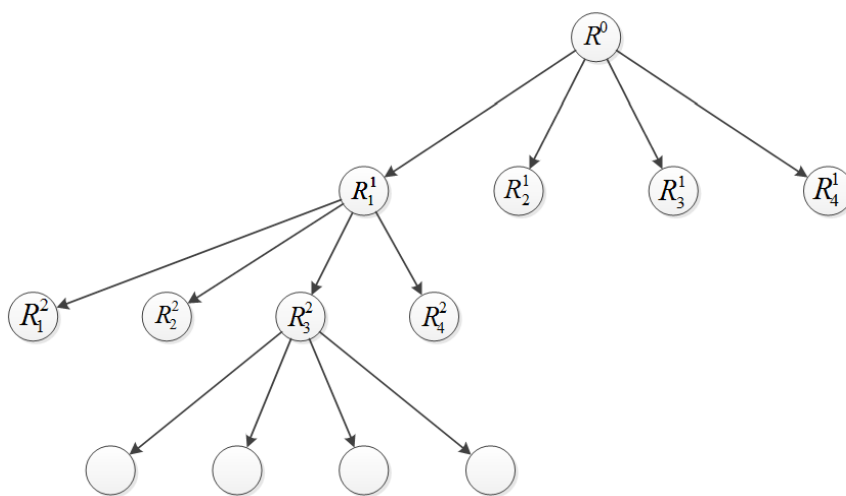


Рис. 2. Фрагмент дерева ранговых блоков

Представление полутоновых изображений. Оператор формирования фрактального кода, в частности фрактального дерева, назовем прямым фрактальным преобразованием:

$$F(f, \mathbf{D}) = \Phi, \quad (4)$$

где Φ - получаемый фрактальный код изображения f с помощью оператора F . Кроме того, дополнительным параметром оператора является список доменных блоков изображения, участвующих в формировании кода.

Кроме прямого преобразования существует обратное фрактальное преобразование, которое формирует изображение по фрактальному коду:

$$f' = F^*(\Phi, \mathbf{D}) = F^*(F(f, \mathbf{D})). \quad (5)$$

Для правильного восстановления изображения по его фрактальному коду, важно, чтобы в преобразованиях использовался одинаковый список доменных блоков \mathbf{D} .

В изначальном варианте формируемый фрактальный код является полным. Это означает, что каждая вершина графа имеет одного родителя и четырех потомков, но длина нисходящей цепочки не превышает глубины квадродерева, которая задается на начальном этапе построения кода.

Если для восстановления изображения оператором (5) в качестве параметра Φ использовать полное дерево, тогда изображение f' будет максимально похоже на исходное изображение.

Для целей получения видоизмененных изображений используются неполные деревья ранговых блоков. Для формирования неполного дерева используется оператор вида:

$$\Phi^* = \Gamma(\Phi). \quad (5)$$

Вид оператора Γ зависит от требуемого результата. Так, например, убрав некоторые ветки фрактального дерева, можно добиться получения изображения, на котором участки за которые отвечали удаленные ветки, будут сглаженными или «огрубленными», а остальные участки четкими.

Для кратномасштабного представления из фрактального кода удаляются листья дерева. В результате получают сглаженные, «огрубленные» изображения.

На рис. 3 приведен пример подобной декомпозиции тестового изображения.



Рис. 3. Фрактальное представление тестового изображения

Полученный набор изображений, позволяет проводить более детальный анализ исходного изображения. Переход к другим масштабам позволяет отойти от мелких и случайных деталей, лучше выявить «внутреннюю» структуру. В связи с этим, представляет интерес рассмотрение структурных элементов, выделенных на разных масштабах представления изображения [8].

Заключение. Таким образом, фрактальный код изображения можно представить в виде графа G , в котором вершинами V являются ранговые блоки R , и дугами – отношения вложенности ранговых блоков. При этом структура кода остается неизменной, данный подход изменяет лишь форму представления и математический аппарат исследования.

На основе такого представления основывается подход к фрактальному представлению изображений, который может быть использован для формирования набора признаков, отражающих внутреннюю структуру изображения, так как мелкие детали отбрасываются. В дальнейшем на основе предлагаемого описания могут быть построены алгоритмы выделения контуров, сегментации изображений, скелетизации и др.

Литература

1. Методы компьютерной обработки изображений. [Текст] / Под ред. В.А. Сойфера. - 2-е изд., испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 784с. - ISBN 5-9221-0270-2
2. Новейшие методы обработки изображений. [Текст] / Под ред. А.А. Потапова - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 496с. - ISBN 978-5-9221-0841-6
3. Fractal Image Compression: theory and application. [Текст] / [Edit by] Yaval Fisher. Springer-Verlag New York. 1995. - 345р. - ISBN 0-387-94211-4
4. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии [Текст]: Учебное пособ. / Уэлстид С. - М.: Издательство Триумф, 2003 - 320 с.: ил.
5. Привезенцев Д.Г., Жизняков А.Л., Баранов А.А. «Применение фрактальных методов в обработке изображений и сигналов» [Текст] // Алгоритмы, методы и системы обработки данных: сб. науч. тр. Издательско-полиграфический центр МИ ВЛГУ. – 2009. – Вып. 14. – с.133-141.
6. Привезенцев Д.Г., Жизняков А.Л. "Фрактальная модель цифрового изображения" [Текст] // Алгоритмы, методы и системы обработки данных: сб. науч. тр. Издательско-полиграфический центр МИ ВЛГУ. – 2010. – Вып. 15. – с.147-152.
7. Привезенцев Д.Г. "Модель цифрового изображения с использованием систем итерируемых функций" [Текст] // Информационные технологии моделирования и управления. Изд. «Научная книга». – 2010. – №6(65) – С. 761-769.
8. Жизняков А.Л. Формирование и анализ наборов признаков многомасштабных последовательностей цифровых изображений [Текст] // Программные продукты и системы. Изд. ЗАО НИИ "Центрпрограммсистем". – 2007. - №4.