

Д.Г. ПРИВЕЗЕНЦЕВ,  
А.Л. ЖИЗНЯКОВ

**Формирование тестовых  
изображений с заданным  
распределением самоподобия**

*УДК 004.942*

Муромский институт  
(филиал) Владимирского  
государственного  
университета, г. Муром

## **Введение**

Существует широкий круг задач, в которых изображения рассматриваются как источник информации, на основе которой необходимо вынести некоторое решение. Основой решения таких задач является теория распознавания образов, которая особенно активно развивается в связи с созданием систем искусственного интеллекта [1,2].

В настоящее время одним из развивающихся направлений в цифровой обработке изображений является фрактальный анализ. Развитию этого направления способствует тот факт, что большинство изображений в некоторой степени можно считать фракталом или мультифракталом. Поэтому, любое 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 [3-5].

В работах [6,7] приводится описание фрактальной модели изображений с использованием систем итерируемых функций. Используя фрактальную модель изображения, можно получить фрактальные признаки изображений, которые можно использовать в задачах распознавания образов.

Для количественной оценки качества работы алгоритмов цифровой обработки изображений с использованием фрактальной модели необходимо определение меры подобия полученных фрактальных характеристик реальным. Для этого необходимо иметь изображения с заранее известными характеристиками.

Сравнивая известные характеристики эталонного изображения с соответствующими характеристиками обработанного возможно получение объективной оценки качества работы алгоритмов. Тестовые изображения должны быть полутоновыми с заданным распределением свойства самоподобия.

### **Методика генерации тестовых изображений**

Формирование тестовых изображений осуществляется путем обратного фрактального преобразования:

$$f = F^*(\Phi) \quad (1)$$

где  $f$  - получаемое тестовое изображение,  $\Phi$  - фрактальный код тестового изображения,  $F^*$  - оператор восстановления изображения по его фрактальному коду.

Для формирования тестовых изображений необходимо иметь тестовый фрактальный код  $\Phi$ . Исходя из структуры фрактального кода, описанного в [6,7], его генерация осуществляется в несколько этапов:

1. Распределение ранговых блоков по уровням, определение количества и размеров блоков каждого уровня.
2. Распределение использования доменных блоков, т.е. формирование распределения самоподобия внутри изображения.
3. Генерация размещения ранговых блоков на изображении, генерация их характеристик: номеров доменных блоков, в соответствии с распределением самоподобия, параметров преобразования яркости и поворота.
4. Применение оператора (1) к полученному фрактальному коду для получения тестового изображения с известным распределением самоподобия.

Пусть  $M$  – количество ранговых блоков, на которое разбивается изображение при заданных условиях фрактального разложения,  $Q_r$  – глубина квадродерева (количество уровней ранговых блоков). Тогда максимальное количество ранговых блоков каждого уровня определяется следующим выражением:

$$Nm_r(j) = 4^j - \sum 4^i \cdot Nr_r(i), \quad (2)$$

где  $Nm_R(j)$  - максимальное количество ранговых блоков уровня  $j$  с учетом реального введенного количества ранговых блоков предыдущих уровней  $Nr_R(i)$ .

Таким образом, с учетом ограничения (2) указывается количество ранговых блоков на каждом уровне  $Nr_R(j), j = \overline{1, Qr}$ .

Перед формированием распределения самоподобия внутри изображения необходимо сформировать список доменных блоков по уровням. Пусть  $M_D$  - количество уровней доменных блоков,  $N_D(1)$  - количество доменных блоков первого уровня, тогда количество доменных блоков на последующих уровнях описываются следующим выражением:

$$N_D(j) = N_D(1) \cdot 4^{j-1}, j = \overline{2, M_D}. \quad (3)$$

Формирование распределения самоподобия внутри изображения подразумевает указание для каждого доменного блока количества раз его использования во фрактальном коде для восстановления изображения. На рисунке 1 приведен пример распределения количества использования доменных блоков первого и второго уровней.

Для генерации размещения ранговых блоков используется древовидное представление ранговых блоков. Каждый ранговый блок разбивается на четыре равных блока согласно количеству уровней  $Qr$ . Генерация размещения ранговых блоков начинается с нижних уровней. Случайным образом формируется число – номер блока на текущем уровне. Ранговый блок с этим номером фиксируется как размещенный и удаляется из дерева свободных блоков вместе с дочерними блоками. Таким же образом формируются ранговые блоки на всех уровнях. В конечном итоге дерево свободных ранговых блоков должно быть пустым.

Для каждого размещенного рангового блока подбирается доменный блок, таким образом, чтобы в конечном итоге количество использования каждого доменного блока совпадало с заданным распределением самоподобия на изображении. Коэффициенты преобразования яркости выбираются случайным образом.

1	4	1	0	0	9	18	1
19	0	8	0	1	1	0	0
13	2	12	2	2	0	1	0
1	0	0	4	0	3	1	5
13	0	4	10	0	0	0	15
39	11	21	5	1	0	0	0
9	13	17	0	1	2	0	2
0	12	4	3	0	0	2	12

1	0	7	2	0	0	1	0	0	1	6	2	1	0	0	0
3	0	3	1	0	1	0	0	1	0	0	88	1	2	0	0
7	0	4	0	1	0	0	0	0	0	0	5	2	2	3	0
34	0	0	0	7	0	0	0	0	1	0	18	0	0	4	1
26	1	0	3	44	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	2
12	9	0	2	12	0	0	8	0	1	0	0	3	0	0	1
0	1	1	0	1	0	0	3	1	1	3	1	0	0	0	1
0	6	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
20	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	8
1	1	4	6	10	0	2	25	1	0	1	0	1	0	5	0
1	0	4	7	29	20	0	3	0	0	0	0	2	1	1	2
7	2	2	41	66	1	0	0	0	1	2	5	15	1	4	1
1	28	14	13	37	4	0	0	0	0	0	3	10	0	2	1
0	3	17	9	0	1	0	0	0	0	0	0	7	2	0	2
2	0	11	18	22	1	4	2	0	0	0	0	1	1	0	6
0	0	9	12	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	27	36

а)

б)

Рис. 1. Заданное распределение количества использования доменных блоков тестового изображения:

а) доменных блоков первого уровня; б) доменных блоков второго уровня.

В результате получается фрактальный код тестового изображения с заранее известным распределением самоподобия внутри изображения. Формирование самого изображения по коду осуществляется согласно выражению:

$$f' = \sum_{i=1}^M (B_{n_i, m_i}^r)^* [s_i (\tilde{w}_i (B_{k_i, l_i}^{d_i} [\bar{f}] + o_i)] \quad (4)$$

где  $\bar{f}$  - любое исходное изображение.

### Экспериментальная часть

Для проверки предложенного алгоритма генерации тестовых изображений с известными фрактальными характеристиками было создано 20 тестовых изображений. Каждое изображение вначале задается таблицами распределения самоподобия (рисунок 1), на основе которых генерируется фрактальный код, из которого восстанавливается изображение (рисунок 2). Затем для полученного изображения осуществляется формирование истинного фрактального кода, на основе которого производится расчет распределения самоподобия. Полученное распределение сравнивается и заданным и делается вывод о точности формирования тестового изображения.

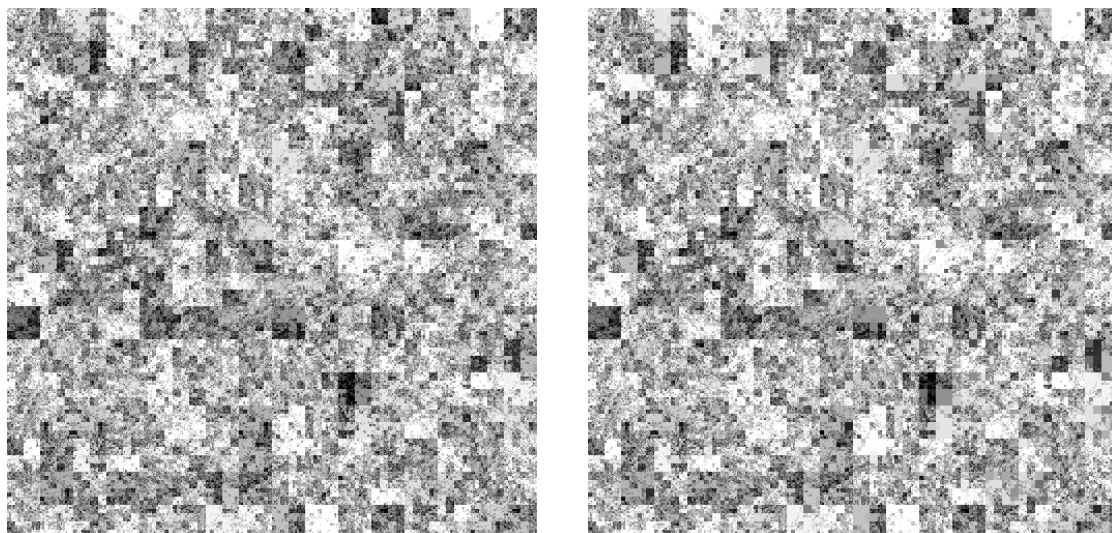


Рис. 2. Примеры тестовых изображений

## Выводы

При сравнении заданного распределения и полученного в большей степени наблюдается соответствие количества использования соответствующих доменных блоков во фрактальном коде. Т.е. можно сделать вывод, что для исследования корректности фрактальных алгоритмов цифровой обработки изображений можно использовать тестовые изображения, получаемые описанным выше алгоритмом.

## Литература

1. Методы компьютерной обработки изображений. / Под ред. В.А. Сойфера. - 2-е изд., испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2003. - 784с. - ISBN 5-9221-0270-2
2. Гай В.Е., Жизняков А.Л. «Классификация изображений микроструктур металлов на основе многомасштабных моделей» // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – 2007. - № 2. Т.4 – С. 46-50.
3. Потапов А.А. Фракталы, скейлинг и дробные операторы в радиотехнике и электронике: Современное состояние и развитие // Электронный журнал “Журнал радиоэлектроники (ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН)”. – 2010. – № 1.
4. Новейшие методы обработки изображений. / Под ред. А.А. Потапова - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 496с. - ISBN 978-5-9221-0841-6
6. Уэлстид С. Фракталы и вейвлеты для сжатия изображений в действии. Учебное пособие. - М.: Издательство Триумф, 2003 - 320 с.: ил.
7. Привезенцев Д.Г. "Модель цифрового изображения с использованием систем итерируемых функций" // Информационные технологии моделирования и управления. – 2010. – №6(65) – С. 761-769.
8. Привезенцев Д.Г., Жизняков А.Л. "Фрактальная модель цифрового изображения" // Алгоритмы, методы и системы обработки данных: сб. науч. тр. Издательско-полиграфический центр МИ ВЛГУ. – 2010. – Вып. 15. – с.147-152.