

## СЕГМЕНТАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ МЕТОДОМ РАНЖИРОВАНИЯ ПОЛЯ ФРАКТАЛЬНЫХ РАЗМЕРНОСТЕЙ

к.т.н. Р.Э. Пашенко, А.В. Шаповалов

*Рассматривается способ сегментации изображений методом ранжирования поля фрактальных размерностей с последующим построением селективных изображений.*

**Постановка проблемы и анализ литературы.** Дистанционное зондирование Земли (ДЗЗ) – это один из самых крупных источников получения количественной информации о земной поверхности, которая может быть представлена в виде изображений. Основной объем получаемых данных представлен в виде обычных, цветных, многозональных, радиолокационных и других снимков [1]. Объем этих снимков исключительно велик. Использование методов и устройств автоматизированной обработки позволяет повысить эффективность обработки аэрокосмических снимков.

Одной из наиболее сложных и актуальных проблем компьютерной обработки аэрокосмических изображений является решение задачи выделения и распознавания трудно различимых природных и антропогенных объектов. Часто, даже для сравнительно легко дешифрируемых при визуальном анализе объектов, бывает трудно построить формализованный алгоритм компьютерной сегментации изображения с целью автоматического распознавания заданных образований [2]. Однако природные объекты обладают свойством самоподобия и самоаффинности [3],

поэтому в последнее время широко применяются методы фрактального анализа изображений [4, 5].

**Цель статьи.** Рассмотреть способ сегментации изображений методом ранжирования поля фрактальных размерностей с последующим построением селективных изображений, позволяющий автоматизировать процесс



Рис. 1. Тестовое изображение

обработки.

**Исходные данные.** Для сегментации использовалось изображение, полученное средствами ДЗЗ, представленное на рис. 1. Анализируемое изображение имеет размер  $M \times M$  пикселей ( $M = 900$ ); предварительные операции препарирования и улучшения качества изображения не проводились; в ходе работы алгоритма размер "скользящего окна" не меняется.

Рассмотрим этапы обработки предлагаемого способа сегментации.

**Этапы обработки изображения.** На первом этапе производится запись анализируемого изображения в память и устанавливается размер "скользящего окна". Для обеспечения требуемого качества обработки изображения рекомендуется размер "окна" выбрать равным  $17 \times 17$  пикселей.

На втором этапе осуществляется вычисление фрактальной размерности изображения в "скользящем окне" для каждого его положения с последующим занесением полученного значения в матрицу локальных фрактальных размерностей (ЛФР). Численные значения ЛФР представлены в табл. 1.

В дальнейшем матрицу ЛФР будем называть полем фрактальных размерностей (ПФР). Так как изображение имеет размер равный  $M \times M$  пикселей, то у полученной матрицы количество строк равно количеству столбцов  $m = n = N$ , где  $N$  вычисляется по формуле

$$N = \lfloor (M - w) / k \rfloor + 1,$$

где  $M$  – количество строк (столбцов) анализируемого изображения;  $w$  – размер соответствующей стороны "окна";  $k$  – "скачок окна";  $\lfloor \cdot \rfloor$  – взятие целой части.

Для анализируемого изображения при размере "окна"  $17 \times 17$  пикселей и  $k = 1$ :

$$N = \lfloor (900 - 17) / 1 \rfloor + 1 = 884.$$

Таблица 1  
Матрица локальных фрактальных размерностей

|     | 0     | 1     | 2     | –     | m     |
|-----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0   | 2,454 | 2,445 | 2,467 | –/–   | 2,375 |
| 1   | 2,402 | 2,467 | 2,431 | –/–   | 2,371 |
| 2   | 2,444 | 2,390 | 2,441 | –/–   | 2,422 |
| 3   | 2,443 | 2,403 | 2,395 | –/–   | 2,433 |
| 4   | 2,301 | 2,468 | 2,446 | –/–   | 2,446 |
| 5   | 2,403 | 2,454 | 2,418 | –/–   | 2,438 |
| 6   | 2,247 | 2,363 | 2,434 | –/–   | 2,342 |
| –/– | –/–   | –/–   | –/–   | –/–   | 2,315 |
| n   | 2,388 | 2,440 | 2,416 | 2,354 | 2,405 |

В настоящее время при проведении фрактального анализа строится гистограмма распределения значений поля фрактальных размерностей с целью последующей кластеризации изображений [6].

На рис. 2 представлена гистограмма значений полученной матрицы ЛФР ( $H$  – количество значений  $D_i$ ,  $D$

– значения фрактальной размерности). Анализ гистограммы позволяет сделать вывод о наличии на изображении двух типов подстилающей поверхности – пики на рис. 2 при  $D = 2,1$  и  $D = 2,4$ , что соответствует морской поверхности и суше. В тоже время поверхности малой площади с близкими типами покрытия (поля, отмели) по гистограмме не различаются из-за их малого удельного веса в гистограмме. На третьем этапе ПФР преобразовывается в трех элементный вектор ЛФР: 0-й столбец – вектор значений ЛФР; 1-й столбец – номер строки ЛФР соответствующего значения; 2-й столбец – номер столбца ЛФР соответствующего значения. В табл. 2 представлен результат данного преобразования.

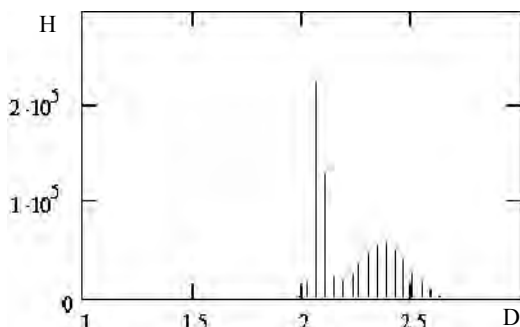


Рис. 2. Гистограмма значений матрицы ПФР

Таблица 2  
Результат преобразования

|     | 0     | 1   | 2   |
|-----|-------|-----|-----|
| 0   | 2,454 | 0   | 0   |
| 1   | 2,445 | 0   | 1   |
| 2   | 2,467 | 0   | 2   |
| 3   | 2,026 | 0   | 3   |
| 4   | 2,672 | 0   | 4   |
| -/- | -/-   | -/- | -/- |
| m   | 2,375 | 0   | m   |
| -/- | -/-   | -/- | -/- |
| n·m | 2,405 | n   | m   |

На четвертом этапе вектор ЛФР ранжируется по первому столбцу с сохранением индексации. При ранжировании используется метод быстрой сортировки [7]. На рис. 3 показаны результаты ранжирования значений фрактальных размерностей анализируемого изображения ( $D$  – фрактальная размерность;  $P$  – положение в векторе ЛФР после ранжирования).

График, изображенный на рис. 3, имеет участки с различным наклоном, что свидетельствует о наличии на изображении областей различного типа. Для их разделения следует определить области, в пределах которых наклон имеет постоянное значение.

На пятом этапе определяются области, имеющие постоянный наклон на рис. 3. Для этого используется "скользящее окно" размером 500 значений и метод наименьших квадратов. Полученные значения наклонов  $T$  для анализируемого изображения представлены на рис. 4, на котором точки перегибов соответствуют границам областей, имеющих различные типы покрытия.

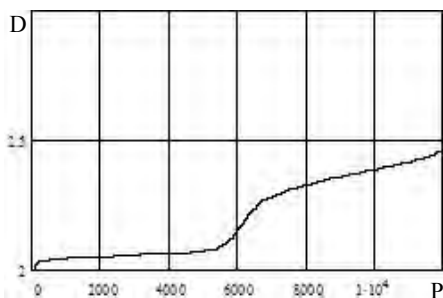


Рис. 3. Ранжированный вектор фрактальных размерностей

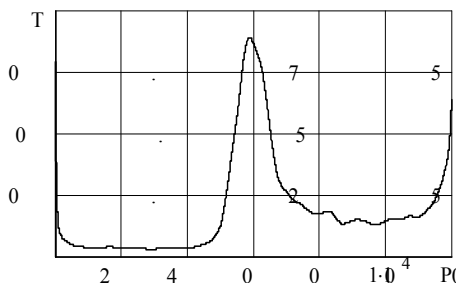


Рис. 4. Вектор локальных наклонов

На шестом этапе определяются диапазоны селективных изображений по точкам перегибов:

- |   |  |
|---|--|
| <b>I</b> диапазон – $P = 0 - 200$ ;       | <b>II</b> диапазон – $P = 200 - 4500$ ;    |
| <b>III</b> диапазон – $P = 4500 - 5750$ ; | <b>IV</b> диапазон – $P = 5750 - 7700$ ;   |
| <b>V</b> диапазон – $P = 7700 - 11000$ ;  | <b>VI</b> диапазон – $P = 11000 - 12100$ . |

В соответствии с работой предыдущих этапов селективные изображения будут иметь вид, представленный на рис. 5.

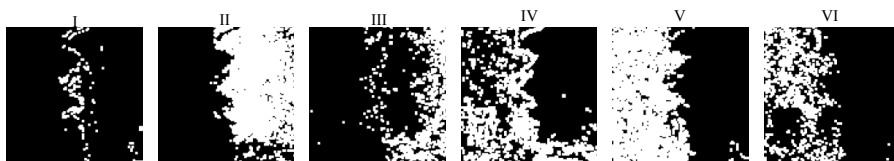


Рис. 5. Селективные изображения

Построение селективных изображений позволяет выделить береговую черту, фрактальная размерность которой находится в пределах  $D = 2,01 - 2,03$  (I диапазон); морскую поверхность  $D = 2,025 - 2,0625$  (II диапазон); отмели  $D = 2,0625 - 2,125$  (III диапазон); сушу с большой степенью изрезанности (поля, овраги)  $D = 2,125 - 2,375$  (IV диапазон); сушу со средней и слабой степенью изрезанности поверхности (V и VI диапазоны соответственно – в этом случае фрактальная размерность принимает значение  $D > 2,375$ ).

### Выводы.

1. Разработанный способ позволяет осуществить автоматическое определение числа типов земной поверхности, представленных на анализируемом изображении.

2. В отличие от способа анализа гистограммы распределения значе-

ний фрактальных размерностей предложенный способ позволяет выделять поверхности, имеющие малую площадь.

3. Необходимо провести дополнительные исследования по анализу поверхностей, содержащих близкие типы покрытия.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Садыков С.С., Кан В.В., Самандаров И.П. Методы выделения структурных признаков изображений. – Ташкент: Фан, 1990. – 140 с.
2. Головкин В.А., Рыжов Д.В. Использование нейросетевых технологий для идентификации на космических изображениях наиболее трудноразличимых объектов // XLIV научная конференция МФТИ. – 2001. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.fizteh.ru/nich/conf\\_mipt/conf2001/faki/syset/rjov.esr](http://www.fizteh.ru/nich/conf_mipt/conf2001/faki/syset/rjov.esr).
3. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы. – М.: Институт компьютерных исследований, 2002. – 656 с.
4. Ewe H. T., Low H. K., and Chuah H. T. Fractal Surface Dimension for Classification of Remotely Sensed Data – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1997/ts9/ts9005.shtml>.
5. Vinluan R.N, Encarnacion M. J., Lopez E.D., Tabios G.Q. A Fractal Approach to the Classification of Land Cover in Radar imagery. – [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.gisdevelopment.net/aars/acrs/1997/ts9/ts9003.shtml>.
6. Потапов А.А., Герман В.А. Фракталы в кластеризации радиолокационных изображений поверхностных и подповерхностных объектов // 4-я международная конференция DSPA. – 2002.
7. Лорин Г. Сортировка и системы сортировки. – М.: Наука, 1983. – 384 с.

Поступила 2.08.2004

**ПАЩЕНКО Руслан Эдуардович**, канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры Харьковского военного университета. В 1987 году окончил Житомирское ВУРЭ ПВО. Область научных интересов – первичная обработка сигналов, фрактальный анализ.

**ШАПОВАЛОВ Александр Васильевич**, адъюнкт кафедры Харьковского военного университета. В 2001 году окончил Харьковский военный университет. Область научных интересов – обработка изображений, фрактальный анализ.

---