

## **Информативность текстурных признаков при обработке фрактальных радиолокационных изображений**

А.Ю. Паршин

ФГБОУ ВПО Рязанский государственный радиотехнический университет,  
alex90fox@gmail.com

*В работе рассмотрена целесообразность применения текстурной обработке к радиолокационным изображениям. Обосновано применение оценок фрактальных свойств в качестве текстурных признаков. Проведено сравнение текстурных признаков по их информативности, обоснована необходимость выбора наиболее информативного из них. Показано, что применение текстурной обработки способствует повышению качества выделения границ объектов.*

*This article considers reasonability of appliance of textural processing to radar images. Appliance of fractal property estimations as textural features is proved. Comparison of textural features by their information capacity is performed, necessity of choice of most informative feature is proved. It is shown, that appliance of textural processing leads to increasing of object edge detection quality.*

### **Введение**

Современные радиолокационные станции обеспечивают высокую разрешающую способность за счет применения алгоритмов синтеза апертуры. Одной из областей их применения является дистанционное зондирование поверхности Земли из космоса при помощи искусственных спутников, обеспечивающих высокую, до 10 см, разрешающую способность. Высокое качество радиолокационного изображения (РЛИ) дает возможность применять алгоритмы текстурной обработки, что позволяет получать большой объем тематической информации. Текстурная обработка подразумевает анализ изображения по кадрам путем расчета характеристик – текстурных признаков, и последующее формирование на их основе новых образов [1,2]. Полученные образы используются при реализации автоматического обнаружения и распознавания объектов в алгоритмах машинного зрения. Так как исходное РЛИ может быть искажено шумами, а также искусственными или естественными помехами, то для оценивания текстурных признаков необходимо использовать помехоустойчивые алгоритмы.

В качестве текстурных признаков используются статистические, геометрические, спектральные и другие характеристики. Однако не все они являются одинаково информативными, а для конкретного изображения существует небольшое число наиболее информативных признаков. В условиях отсутствия единой теории синтеза текстурных признаков для любого изображения необходимо проводить оценку качества текстурной обработки при использовании разных признаков и выбирать наиболее подходящий признак.

### **Фрактальные свойства объектов**

Одним из новых направлений, особенно активно развивающихся последние десятилетия, является разработка методов обнаружения и распознавания объектов на фоне земной и морской поверхности на основе фрактальных характеристик [3]. Данный подход основан на принципе самоподобия и дробной меры природных процессов и объектов, а также связанных с ними сигналов.

Основой фрактальности является принцип самоподобия природных процессов и объектов, заключающийся в повторении в целом свойств объекта при изменении масштаба. При этом исследуемые явления рассматриваются не как простая

совокупность отдельных элементов с определенными характеристиками, а как некоторая структура, обладающая внутренними топологическими связями между элементами и характеризующая сложный объект в целом.

Понятие «фрактал» означает «дробный», что соответствует представлению рассматриваемого сигнала или объекта в пространстве дробной размерности. Количественная оценка сложности структуры базируется на таких показателях, как дробная фрактальная размерность  $d$  и соответствующая фрактальная сигнатура, представляющая собой зависимость размерности или связанной с ней величины от параметра масштаба. Фрактальная размерность  $d$  является основным количественным показателем фрактальных структур, может принимать нецелое значение, отличающееся от топологической размерности  $d_T$  фрактала.

Как правило фрактальные свойства проявляются в изображениях естественных структур – лес, поле, морская поверхность. Фрактальность искусственных объектов проявляется в меньшей степени, что позволяет выполнять различение на основе фрактальных мер. Кроме того, фрактальные свойства возможно выявить независимо от амплитудных и радиоярких параметров изображения. Это обеспечивает надежное различение малоконтрастных объектов [3].

### **Анализ текстурных признаков**

В работе [5] проведен анализ набора текстурных признаков, которые возможно использовать для обработки. Экспериментальным методом показано, что информативность текстурных признаков зависит от свойств объектов на радиолокационном изображении. Таким образом, ставится задача выбора признака, который обеспечит наибольшую информативность изображения, сформированного на основе значений этого признака. В работе [3] показано, что при решении задачи различения малоконтрастных объектов в качестве текстурного признака целесообразно взять фрактальную размерность объектов на радиолокационном изображении.

Различные текстурные признаки позволяют выявить различные виды взаимосвязи между пикселями растрового радиолокационного изображения. В зависимости от структуры объекта наилучшее различение объектов и подстилающей поверхности достигается при использовании различных параметров. В частности, статистические признаки характерны для динамической системы, изменяющейся во времени или пространстве. Одним из таких признаков можно считать корреляционную размерность. Алгоритм оценивания корреляционной размерности можно получить, основываясь на представлении корреляционного интеграла как вероятностной меры независимых расстояний между векторами [4]. Максимально правдоподобная оценка корреляционной размерности [4] основана на предположении, что корреляционный интеграл вычисляется для независимых случайных расстояний  $l_k = \|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j\|_T$ ,  $i = 1, \dots, n$ ,  $j = i, \dots, n$ ,  $k = 1, \dots, M = N_v(N_v - 1)/2$ , подчиняющихся степенному закону распределения вероятностей. При условии нормировки расстояний  $x_k = l_k / l_{\max}$  закон распределения вероятностей для расстояний между векторами имеет вид степенной зависимости:  $F(x) = x^d$ . Многомерная плотность распределения вероятности  $w(\mathbf{x}, d)$  является функцией неизвестной размерности  $d$ , а значит она является функцией правдоподобия. Переходя к логарифму функции правдоподобия и используя необходимое условие экстремума  $\frac{d}{dd} \ln w(\mathbf{x}, d) = 0$ , получаем максимально правдоподобную оценку [4]:

$$\hat{d} = -\frac{M}{\sum_{i=1}^M \ln x_i}.$$

На рисунке 1 представлено радиолокационное изображение поверхности Земли. На рисунках 2-5 результаты текстурной обработки при различных текстурных признаках. Кроме того, выполнена классификация объектов с различными значениями признаков гистограммным методом.



**Рис. 1.** Радиолокационное изображение поверхности Земли – пирамиды в Гизе.



**Рис. 2.** Результат текстурной обработки с применением признака «Корреляционная размерность» после классификации.



**Рис. 3.** Результат текстурной обработки с применением признака «Размер элементов объекта» после классификации.



**Рис. 4.** Результат текстурной обработки с применением признака «Энергия» после классификации.

По результатам анализа видно, что при использовании различных признаков результаты обработки заметно отличаются. Различные алгоритмы позволяют выполнить классификацию разных объектов и поверхностей. Например, при помощи признака «Корреляционная размерность» классифицируется застроенная территория и пустынные участки. При этом в районе застройки практически не выделены контуры домов и улицы. Признак «Размер элемента» частично позволил выделить контуры домов и улицы, однако пустынная территория не выделена в единую поверхность. Признак «Энергия» обнаружил формы рельефа в пустынной части, однако в целом сформированное изображение получилось достаточно однородным.

## **Выводы**

При выполнении текстурной обработки радиолокационных изображений необходимо проводить тщательный выбор текстурного признака, который учитывает параметр, содержащий наибольшее количество информации. В этом случае объекты на изображении максимально отличаются друг от друга или подстилающей поверхности на изображении, сформированном из значений текстурных признаков. Кроме того, выделение границ на таком изображении выполняется более точно благодаря более контрастному изображению, сформированному на основе значений текстурных признаков. [6]

*Работа выполнена как часть базовой части государственного задания (проект 2014/178) в Рязанском государственном радиотехническом университете.*

## **Литература**

1. R. Gonzales, R. Woods, Digital Image Processing. Prentice Hall, 2007. 976 p.
2. W. Pratt, Digital Signal Processing. Wiley-Interscience, 2007. 812 p.
3. Новейшие методы обработки изображений. / Под ред. А. А. Потапова. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. - 496 с
4. Luciana De Luca, Dario Luzio, Massimo Vitale, "A ML Estimator of the Correlation Dimension for Left-hand Truncated Data Samples," Pure and applied geophysics, vol.159, pp. 2789-2803, 2002.
5. Колодникова Н.В. Обзор текстурных признаков для задач распознавания образов // Автоматизированные системы обработки информации, управления и проектирования: Доклады ТУСУР. - Томск: ТУСУР, 2004. - С. 113-123.
6. Yu. Parshin, Yu. N. Parshin, "Synthesis and analysis of efficiency of algorithm for objects edges detection by maximum likelihood method", 2nd Mediterranean Conference on Embedded Computing (MECO), 2013, pp: 223 – 226.