

ФРАКТАЛЫ В КЛАСТЕРИЗАЦИИ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ПОВЕРХНОСТНЫХ И ПОДПОВЕРХНОСТНЫХ ОБЪЕКТОВ

Потапов А.А., Герман В.А.

Институт Радиотехники и Электроники РАН
101999, Москва, ул. Моховая, д.11, стр.7
Fax: +7(095) 203-8414, Phone +7(095) 203-0074, E-mail: potapov@mail.cplire.ru

Реферат. Исследованы вопросы фрактальной кластеризации радиолокационных изображений поверхностных и подповерхностных объектов. Рассмотрены модели, использующие фрактальные параметры при классификации земных покровов и объектов. В работе использованы экспериментальные радиолокационные изображения на длинах волн 4 см, 68 см, 2,5 м. Построены эмпирические распределения локальных фрактальных размерностей, имеющие многомодовый характер, пропорциональный числу кластеров.

1. Проблема кластеризации состоит в разбиении исходного множества \mathbf{A} на подмножества (классы), которые в идеальном случае должны быть сепарабельными. Такая постановка задачи является некорректной для реальных изображений, т.к. последние относятся к классу нечетких множеств. Информативность пространства признаков можно улучшить, используя методы фрактальной топологии. Использование понятия текстуры изображений, фрактальных характеристик (фрактальная размерность D , фрактальная сигнатура, ее наклон, пространственный фрактальный кепстр, дробные показатели пространственного спектра) и понятий интегральной геометрии позволяет повысить размерность вектора измерений и более четко выделить классы естественных и антропогенных объектов.

В общем случае можно построить зависимости между структурной функцией $V(h)$ и фрактальной размерностью изображения. Функция $V(h)$ для текстур вводится следующим образом.

Пусть множество случайных функций $G_\omega (\omega \in \Omega)$ описывает определенный класс текстур, а G_{ω_0} - реализация конкретной текстуры. Тогда для рассматриваемого класса изображений при векторе пространственных координат \vec{X} имеем: $E[G_\omega(\vec{X}) - G_\omega(\vec{X} + \vec{h})] = m(\vec{h})$ и $E\{ [G_\omega(\vec{X}) - G_\omega(\vec{X} + \vec{h})]^2 \} - m^2(\vec{h}) = 2V(\vec{h})$. Условие стационарности имеет вид: $V(\vec{h}) = \sigma^2 [1 - \rho(\vec{h})]$. Однако, условия стационарности для земных покровов не выполняются, поэтому рассмотрим основные модели для функции $V(h)$.

Наиболее часто используемая модель вида:

$$V(h) = C[1 - \exp(-h/a)],$$

где C и a положительные константы. Такая модель хорошо описывает текстуры городских застроек, холмистых местностей и растительности.

Следующая модель описывается формулой

$$V(h) = Ch + b.$$

Затем известна степенная модель вида $V(h) = Ch^\alpha$, которая хорошо описывает лесную местность. Комбинационные модели описывают разнообразные текстуры с различным масштабом.

Пример специального случая не описанного представленными моделями заключается в рассмотрении полевой местности, что приводит к псевдопериодичности $V(h)$.

Применение фрактального анализа позволяет считать, что

$$V(h) = C_1 h^{2C_2}, 0 \leq h \leq h_{\max}$$

Фрактальная размерность изображения будет определяться выражением $D = 3 - C_2$ поверхность будет фрактальной если $D > 2$.

2. При компьютерном экспериментировании использовались радиолокационные изображения на вертикальной поляризации дельты р. Волга. Рассматривались карты подтопления района с определением уровня грунтовых вод с точностью 0,5 м. до глубины 2,5 м. в диапазонах длин волн: 4 см (рис. 1,а), 68 см (рис. 1,б) и 2,5 м (рис.1,в). Была создана специальная программа. Она предназначена для выделения характерных кластеров на изображениях местности, полученных радиолокаторами на различных диапазонах.

Программа производит вычисление локальных фрактальных размерностей для каждого пиксела изображения. Для этого необходимо иметь, по крайней мере, два изображения одного и

того же участка земной поверхности, полученных на разных частотах радиолокаторов. При этом изображения полученные на больших длинах волн окажутся более «грубыми» (крупный масштаб), а изображения, соответствующие малым длинам, будут детальными (мелкий масштаб). Предполагая, что большинство природных образований могут описываться фракталами, можно ожидать, что на изображениях появятся области с близкими по значениям фрактальными размерностями.

Программа вычисляет так называемую дисперсионную фрактальную размерность. При этом в каждом пикселе изображения оценивается дисперсия величины сигнала (цвета). Если изображение нефрактально - дисперсия инвариантна масштабу. Результаты показаны на рис.2

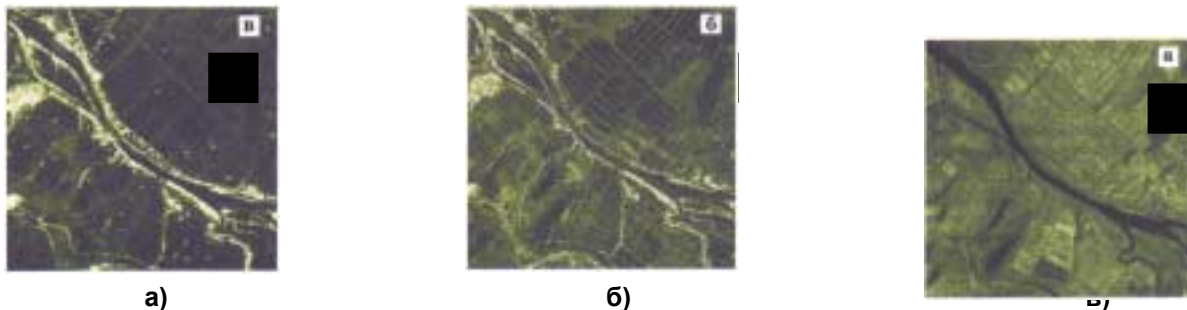


Рис.1

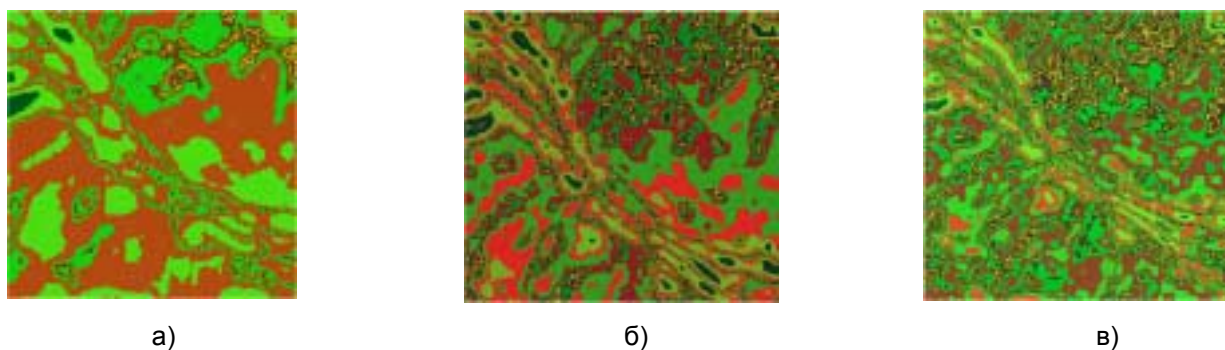


Рис.2

При измерении дисперсии используются окна различных размеров: 21x21 (рис.2,а), 11x11 (рис.2,б), 5x5 (рис.2,в). Естественно, что чем больше окно, тем монотонней значение дисперсии для любого изображения, что приводит к уменьшению количества кластеров.

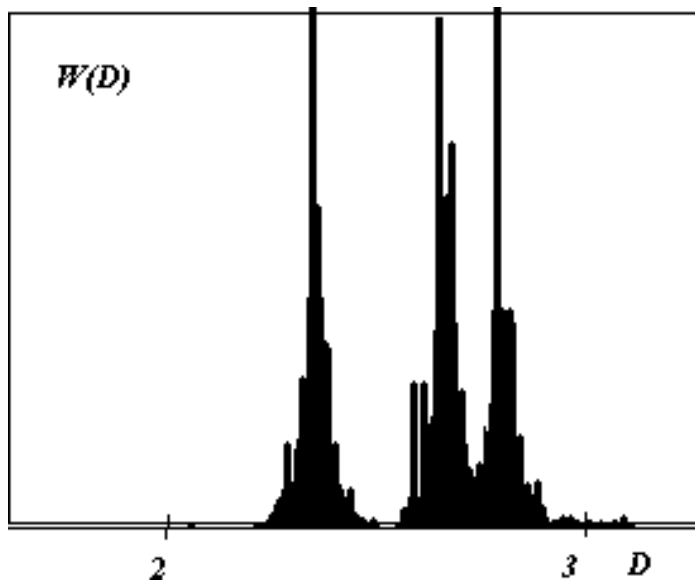


Рис.3

Распределение размерностей для изображения на рис. 1,а представлено на рис.3. Данное эмпирическое распределение получено при размере окна 21 точка. Отчетливо выделяются три группы точек с близкими фрактальными размерностями, соответствующими участкам с определенными текстурами. После анализа первичной информации и установления типов поверхностей была произведена обработка изображения с размером окна 11 точек. Обработка позволила выделить порядка 10 кластеров. Результаты обработки представлены на рис. 4.

На рис. 4 показано поле полученных фрактальных размерностей, соответствующее трем приведенным изображениям одного участка местности на рис.1. Интересно отметить, что на обработанных изображениях, кроме устойчивого разделения по типам, отмечаются невидимые до фрактальной обработки особенности (участок отмели). Это позволяет говорить о возможности применения фрактального распознавания типов для идентификации участков изображения, "невидимых" при классических методов кластеризации по яркостному полю.

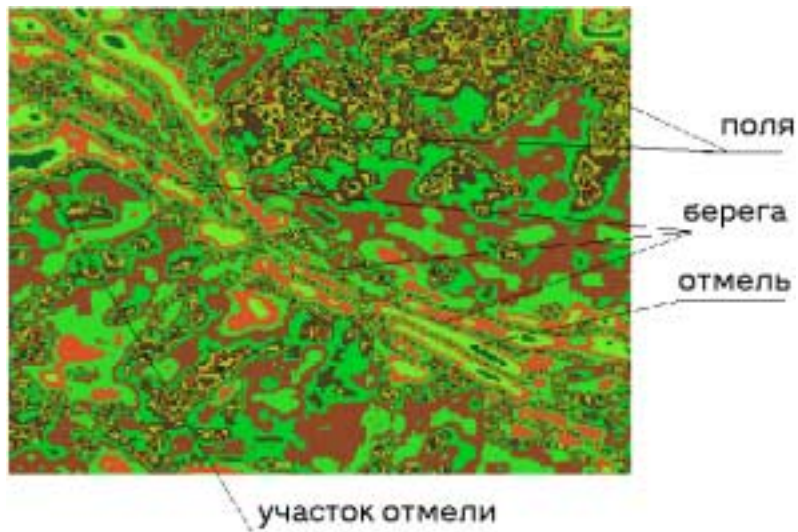


Рис.4



FRACTALS IN CLUSTERING OF THE RADAR - IMAGES SURFACE AND SUB - SURFACE OF TARGETS

Potapov A., German V.

Institute of Radioengineering and Electronics
Russian Academy of Science
Mochovaja str., 11, Moscow, 103907, Russia
E-mail: potapov@mail.cplire.ru, Fax: + 7 (095) 203-84-14, Phone + 7 (095) 203-00-74

The abstract. The questions fractal clustering of the radar-tracking images surface and sub-surfaces of plants are explored. The models using fractal parameters at classification of earth covers and plants surveyed. In operation the experimental radar-tracking images on lengths of waves 4 cm, 68 cm, 2,5 m are used. The empirical distributions local fractal of dimensions having multimode character, proportional to number of clusters are constructed.

1. The problem clustering consists in a partition of initial set **A** on subsets (classes), which in an ideal case should be separable. Such statement of a problem is illconditioned for the actual images, since last fall into a class of indistinct sets. Information the spaces of attributes can be improved, using methods fractal of topology. Use of concept of a texture of the images, fractal of performances (fractal dimension D , fractal signature, its inclination, spatial fractal kepstr, fractional indexes of a spatial spectrum) and concepts of integrated geometry allows to raise dimension of a vector of measurings and more precisely to allocate classes of natural and anthropogenous objects.

2. At computer experimenting the radar-tracking images on vertical polarization of a delta of river Volga. The cards of region with definition of a level of ground waters with an exactitude of 0,5 m. up to depth of 2,5 m. in wave bands were considered: 4 cm, 68 cm and 2,5 m. The special program was created. It is intended for selection of reference clusters on the images of terrain obtained by radars on different ranges.

The program yields an evaluation local fractal of dimensions for everyone pixels of the image. Thus the images obtained on major lengths of waves will appear "more "rough" (large scale), and the images relevant to small lengths, will be detailed (fine scale). Assume, that the majority of natural formations can be featured, it is possible expect, that on the images the fields with close on values fractal dimensions will appear.

It is interesting to mark, that on the treated images, except for inconvertible separation for types, it are scored not visual up to fractal of handling of feature. It allows to speak about an opportunity of application fractal of a discernment of types for identification of sites of the image "invisible" at classical methods clustering on intensity of a field.