

## **Фрактальное обнаружение малоконтрастных протяженных объектов на изображениях дистанционного зондирования Земли.**

А. Б. Русскин

*Открытое акционерное общество «Научно-исследовательский институт электромеханики» 143502, Московская область, г. Истра, ул. Панфилова, д. 11 Тел.:(495) 994-51-10 Факс: (499) 254-53-75 E-mail: info@niiet.ru Веб-сайт: www.niiet.ru*

*Рассмотрены вопросы разработки методов обнаружения и распознавания неподвижных малоконтрастных объектов на фоне земной и морской поверхности на основе фрактальных характеристик. Предложен метод обнаружения объектов на изображениях дистанционного зондирования на основе оценок фрактальной размерности. Проведен синтез процедуры фрактального обнаружения малоконтрастных протяженных объектов. Выполнена оценка эффективности предложенной процедуры обнаружения на основе моделирования и по реальным данным. Проведен сравнительный анализ предложенного фрактального и амплитудного обнаружителей по реальным данным.*

*The problems of developing methods for detection and identification of stationary low-contrast objects against a background of earth and sea surface based on the fractal characteristics are considered. Method for detecting objects in images of remote sensing based on estimates of the fractal dimension is offered. The synthesis procedure of fractal detection of low-contrast extended objects is carried out. The evaluation of the effectiveness of the proposed detection procedure based on simulation and real data is fulfilled. A comparative analysis of the proposed fractal and amplitude detectors on real data is carried out.*

Эффективное решение задачи мониторинга земной поверхности с помощью искусственных спутников Земли (ИСЗ) требует применения современных подходов и средств в системах обработки информации (СОИ). При этом одной из самых актуальных и трудных задач современных СОИ является автоматическое обнаружение и распознавание протяженных малоконтрастных объектов на фоне земной и морской поверхности. Это связано с тем, что в существующих системах обнаружения неподвижных наземных объектов эту задачу решает, как правило, оператор и практическая реализация процесса автоматического обнаружения оказывается весьма трудной, даже несмотря на достаточно глубокое исследование данного вопроса, как в теоретическом, так и в методическом плане [1-5]. Основной проблемой на пути практической реализации существующих методов является большая степень неопределенности при описании распределений вероятностей сигналов протяженных целей и помех окружающего фона, что приводит к существенной зависимости эффективности работы алгоритмов обнаружения от априорных данных и условий работы системы получения и обработки информации.

Одним из новых направлений, активно развивающихся последнее десятилетие, является разработка методов обнаружения и распознавания неподвижных малоконтрастных объектов на фоне земной и морской поверхности на основе фрактальных характеристик. Предложенный подход основан на принципе самоподобия и дробной меры природных процессов и объектов [6-11]. При этом исследуемые явления рассматриваются как структура, обладающая внутренними топологическими связями и характеризующая объект в целом. В качестве количественной оценки сложности структуры используется фрактальная размерность [6]. Главной особенностью данного подхода является слабое влияние интенсивности анализируемого сигнала на значения оцениваемого параметра, что говорит о слабой зависимости используемого признака от условий наблюдения, а это особенно важно

при решении задачи обнаружения и распознавания протяженных малококонтрастных неподвижных целей на фоне земной и морской поверхности.

В работе предложен метод обнаружения объектов на изображениях, полученных с помощью дистанционного зондирования, на основе оценок фрактальной размерности. Проведен синтез процедуры фрактального обнаружения малококонтрастных протяженных объектов. Общая модель анализируемого изображения на входе фрактального обнаружителя имеет следующий вид:

$$I(i, j) = pQ(i, j)S(i, j) + (1 - pQ(i, j))G(i, j) + n(i, j), \quad (1)$$

где  $I(i, j)$  – функция входного изображения ( $i, j \in Z$ ),  $S(i, j)$  – функция объекта ( $i, j \in Z_s$ ,  $Z_s \subset Z$ ),  $G(i, j)$  – функция фона ( $i, j \in Z$ ),  $n(i, j)$  – функция случайного шума, обусловленная внутренними шумами приемно-передающего тракта, ( $i, j \in Z$ ),  $p$  – параметр, определяющий предположение о наличии ( $p=1$ ) или отсутствии ( $p=0$ ) объекта,  $Q(i, j)$  – функция положения объекта, имеющая следующий вид:

$$Q(i, j) = \begin{cases} 1, & \text{при } i, j \in Z_s; \\ 0, & \text{при } i, j \in Z - Z_s. \end{cases} \quad (2)$$

При этом  $Z$  – дискретная область, определяемая размерами анализируемого кадра,  $Z_s$  – область, занимаемая объектом в кадре.

Предложена общая структурная схема алгоритма фрактального обнаружения (рис. 1). Описаны основные функциональные блоки. Проведен анализ основных параметров обнаружителя и определено их влияние на эффективность обнаружения.



Рис. 1. Структурная схема фрактального обнаружителя целей.

В качестве примера рассмотрена реализация блока измерения фрактальной размерности на основе метода покрытий. Описан принцип работы блока. Показаны основные отличия, возникающие в процессе анализа данных, обладающих и не обладающих фрактальными свойствами.

Предложено правило определения порога, обеспечивающего заданный уровень вероятности ложной тревоги ( $P_{ЛТ}$ ), как квантиль уровня  $P_{ЛТ}$  анализируемой выборки плотности распределения вероятностей измеренных значений  $D_{изм. l}$  на входе порогового устройства при условии отсутствия цели.

Разработана методика и проведена оценка эффективности предложенной процедуры обнаружения на основе моделирования и по реальным данным. Определено, что при определении показателей качества обнаружения и вычислении характеристик обнаружения вместо значений отношения сигнал-шум (в данном случае можно говорить об отношении сигнал-фон) целесообразно использовать отношение площади цели к площади окна, т.е.  $S_U/S_{окна}$ . Проведен сравнительный анализ фрактальных обнаружителей, использующих различные методы измерения размерности, на основе моделирования и определены методы, использование которых является наиболее эффективным. Это *вероятностный метод, метод блуждающего делителя, метод покрытий и метод прямой размерности*.

Выполнен анализ эффективности предложенного метода обнаружения на основе реальных данных. Показана возможность решения задачи автоматического обнаружения протяженных малококонтрастных объектов на фоне фрактальной подстилающей поверхности разработанным обнаружителем с заданными вероятностями ошибочных решений, в частности, с вероятностью правильного обнаружения  $P_{ПО}=0,95$  и  $P_{ЛП}=10^{-3}$  по реальным данным. Определены методы, обеспечивающие высокие характеристики обнаружения – *прямой размерности, Пентланда, вероятностный и покрытий*. Выделены три метода: *вероятностный, покрытий и Пентланда*, использование которых в обнаружителе обеспечивает высокую эффективность обнаружения, как при моделировании, так и в условиях обработки реальных данных.

Проведен сравнительный анализ предложенного фрактального и амплитудного обнаружителей по реальным данным. Определено, что в условиях обнаружения слабококонтрастных протяженных объектов, когда значения отношения сигнал-фон  $q$  невелики, фрактальный обнаружитель оказывается более эффективным по сравнению с амплитудным, т.к. обеспечивает заданные показатели обнаружения при более низких  $q_{пор}$ . При этом необходимым условием является выбор соответствующего размера окна сканирования  $R$ .

### Литература

1. Сосулин Ю.Г. Теория обнаружения и оценивания стохастических сигналов. – М.: Советское радио, 1978.
2. Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационной информации на фоне помех. – М.: Радио и связь, 1981.
3. Акимов П.С. Бакут П.А., Богданович В.А. и др. «Теория обнаружения сигналов. – М.: Радио и связь, 1984.
4. Коростелев А.А. Пространственно-временная теория радиосистем. – М.: Радио и связь, 1987.
5. Сосулин Ю. Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации. – М.: Радио и связь, 1992.
6. Mandelbrot B. V. The Fractal Geometry of Nature.-N.Y.: Freeman, 1982.
7. Потапов А.А. Фракталы в радиофизике и радиолокации: Топология выборки. - М.: Университетская книга, 2005.
8. Pentland A.P. Fractal-Based Description of Natural Scenes. – IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1984, vol. 6, no. 6, p. 661-674.
- Lo, T., Leung, H., Litva, J., and Haykin S. Fractal Characterization of Sea-scattered Signals and Detection of Sea-surface Targets. – IEE Proceedings, Part F: Radar and Signal Processing, 1993, vol. 140, no. 4, p. 243-250.
9. Lo, T., Leung, H., Litva, J., and Haykin S. Fractal Characterization of Sea-scattered Signals and Detection of Sea-surface Targets. – IEE Proceedings, Part F: Radar and Signal Processing, 1993, vol. 140, no. 4, p. 243-250.
10. Tzeng Y.C., Chu D.M., Wu M.F., Kun-Shan Chen Automatic detection of targets using fractal dimension. – IEEE Geosciences and Remote Sensing Symposium, 2005, vol. 3.
11. Salmasi M., Modarres-hashemi M., Nayebi M. M. Performance Analysis of Fractal Detector for General Model of HRR Signals. - Proc. of the Radar 2004, Toulouse, France, October 18-22, 2004, p. 4B-SP-4.