

© С. Л. Кравцов, Л. В. Орешкина

Об'єднаний інститут проблем інформатики Національної академії наук Білорусі, Мінськ

ОБРАБОТКА ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ КЛАССОВ ОБЪЕКТОВ

Розроблено методику виявлення і розпізнавання класів об'єктів за їхніми контурами, площі та яскравості на зображеннях дистанційного зондування. Розглянуто особливості виявлення об'єктів залежно від їхнього розміщення на земній і водній поверхнях та виду даних дистанційного зондування.

Методика обнаружения и распознавания классов объектов. Для эффективного обнаружения и распознавания классов объектов на изображениях дистанционного зондирования необходимо, чтобы объекты имели достаточную для определения их класса площадь.

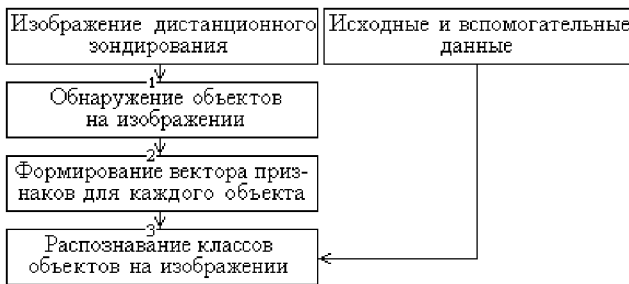


Рис. 1. Методика обнаружения и распознавания классов объектов на изображениях дистанционного зондирования

Исходные и вспомогательные данные выступают в качестве априорной информации для повышения достоверности распознавания классов объектов (рис. 1). На первом этапе производится обнаружение предполагаемых объектов по принципу их полного охвата областью фона либо принадлежности сегменту изображения. Методика обнаружения объектов зависит от вида данных дистанционного зондирования (видимого, радарного диапазонов) и физических представлений о характере местности. На втором этапе для каждого предполагаемого объекта формируется вектор описывающих его свойства признаков. В качестве таковых выступают: класс контура [1], площадь, среднее значение яркости. На третьем этапе путем анализа вектора признаков, исходных данных относительно их характер-

ных значений, а также вспомогательных данных определяется класс каждого из объектов.

Методика обнаружения объектов. Объекты на водной поверхности, изображения дистанционного зондирования видимого диапазона. Для эффективного распознавания классов объектов необходимо, чтобы водная поверхность на изображении занимала не менее 15—20 % всей его площади. На первом этапе (рис. 2, а) по соответствующему участку гистограммы изображения определяются параметры плотности распределения. На втором этапе на изображении дистанционного зондирования методом нуль-гипотезы выделяется водная поверхность [2]. На третьем этапе производится обнаружение предполагаемых объектов исходя из принципа их полного охвата водной поверхностью.

Объекты на водной поверхности, изображения дистанционного зондирования радарного диапазона. Для эффективного распознавания классов объектов необходимо, чтобы земная поверхность на изображении занимала не более 10—15 % всей его площади. На первом этапе (рис. 2, б) определяется пороговый уровень яркости, позволяющий разделить чистую водную поверхность (светлые области) и возможные нефтяные пятна (темные области). На втором этапе на изображении дистанционного зондирования радарного диапазона путем использования пороговой процедуры выделяется водная поверхность. На третьем этапе производится обнаружение нефтяных пятен по принципу их полного охвата водной поверхностью [2].

Объекты на земной поверхности, изображения дистанционного зондирования видимого диапазона. На первом этапе (рис. 2, в) производится сегментация изображения. Вид сегментации и ее параметры устанавливаются предварительно из физических соображений. На втором этапе произво-

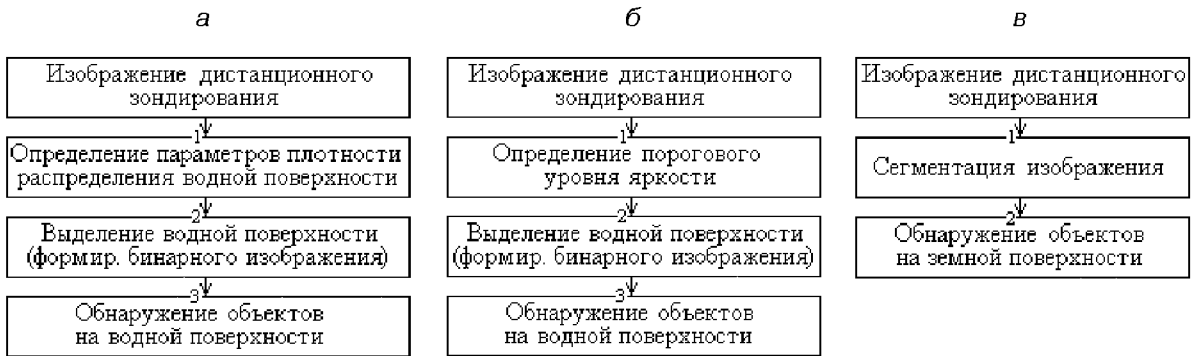


Рис. 2. Методика обнаружения объектов: *а* — на водной поверхности по изображениям видимого диапазона, *б* — на водной поверхности по изображениям радарного диапазона, *в* — на земной поверхности по изображениям видимого диапазона

дится обнаружение объектов по принципу их принадлежности сегменту изображения.

Результаты эксперимента по обнаружению и распознаванию классов объектов. *Объекты на водной поверхности, изображения дистанционного зондирования видимого диапазона.* Исходя из размера, формы контура объектов, а также пространственного разрешения данных дистанционного зондирования были определены следующие три класса судов: малого, среднего и большого размеров. В качестве основного признака при распознавании классов объектов использовалась их площадь. После этого значение коэффициента корреляции текущего и эталонного (для данного класса) контуров объектов сравнивалось с минимально допустимым значением.

Были исследованы 17 фрагментов цветных изображений видимого диапазона со спутника QuickBird размером до 1000×1000 пкл и разрешением 0.61—0.7 м. Вероятность правильного распознавания классов объектов составила 0.66. Такое значение обусловлено невысокой точностью выделения водной поверхности, а также расположением объектов. Точность выделения водной поверхности составила около 80 %, поэтому до 10 % объектов было исключено из процесса распознавания. Основной причиной погрешности ее выделения являются тени от облаков, берегов, мостов и иных сооружений. Неправильно распознанными, а также нераспознанными оказались объекты у причалов и береговой линии, а также близко расположенные друг к другу.

Объекты на водной поверхности, изображения дистанционного зондирования радарного диапазона. Источником происхождения нефтяного пятна линейной формы является движущееся судно, изогнутой — буровая платформа, неоднородной — естественные просачивания в областях существую-

щих и потенциальных месторождений нефти. Хотя со временем и при сильной скорости ветра это соотношение нарушается. В соответствии с этим количество классов нефтяных пятен было принято равным трем: линейный, изогнутый и неоднородный (табл. 1, рис. 3). Класс объектов, удовлетворяющих заданным ограничениям по площади, определялся по максимуму коэффициента корреляции контуров текущего и эталонных объектов [1].

Были исследованы 15 фрагментов изображений с радарных спутников ERS-1, -2, RADARSAT-1 размером до 2000×2000 пикселов и разрешением 20—100 м (рис. 4). Вероятность правильного распознавания классов нефтяных пятен составила около 0.62 (табл. 2). Столь высокое ее значение обусловлено незначительным количеством классов объектов и благоприятными значениями скорости ветра. Погрешность же определения классов нефтяных пятен была обусловлена неточностью выделения водной поверхности, расположением объектов, а также изменением формы нефтяных пятен со вре-

Таблица 1. Характеристика эталонных классов объектов

Параметры	Класс объектов			
	линейный (а)	изогнутый (б)	неоднородный (в)	
Коэффициент корреляции	а	1	0.81	0.73
	б	0.81	1	0.75
	в	0.73	0.75	1
Площадь, пкл	мин.	100		
	макс.	60 000		

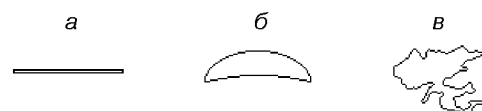


Рис. 3. Эталонный контур объекта



Рис. 4. Последовательность обработки радарного изображения при распознавании классов объектов: а — исходное изображение, б — обнаружение нефтяных пятен, в — выделение контуров нефтяных пятен



Рис. 5. Примеры контуров правильно распознанных классов нефтяных пятен: а — линейного нефтяного пятна от перемещающегося судна; б — изогнутого нефтяного пятна от буровой платформы; в — неоднородного нефтяного пятна от естественного просачивания

менем [3, 4]. Примеры контуров правильно распознанных классов нефтяных пятен показаны на рис. 5.

Объекты на земной поверхности, изображения дистанционного зондирования видимого диапазона. Количество классов объектов было принято равным трем: «здание», «транспортное средство», «резервуар». При распознавании объекты, удовлетворяющие заданным условиям по площади, на основании анализа коэффициента корреляции относились к одной из двух групп: «здание», «транспортное средство» — «резервуар». При отнесении объекта к последней группе процесс распознавания его класса заканчивался. В противном случае разделение между классами «здание» и «транспортное средство» производилось по площади объекта.

Были исследованы четыре фрагмента изображения со спутника QuickBird размером до 2000×2000 пикселей и разрешением 0.61—0.7 м. Вероятность правильного распознавания классов объектов составила около 0.12. Столь низкое ее значение обусловлено особенностями процедуры сегментации изображения, а также расположением объектов. Так, объединение в результате сегментации близких тематических категорий приводило к потере объектов.

Заключение. Разработана методика распознавания классов объектов, расположенных на земной и

Таблица 2. Результаты распознавания классов нефтяных пятен на водной поверхности по изображениям дистанционного зондирования радарного диапазона

Характеристики	Класс нефтяного пятна			Итого
	линейный	изогнутый	неоднородный	
Количество	30	97	29	156
Результующая вероятность распознавания	0.3	0.67	0.76	0.62

водной поверхностях, по изображениям дистанционного зондирования видимого и радарного диапазонов. Для эффективного распознавания классов объектов необходимо, чтобы они имели достаточную площадь, а также выполнялись ограничения относительно наличия и площади иных классов поверхности земли. В качестве недостатка можно назвать зависимость методики обнаружения объектов на изображениях дистанционного зондирования от их вида (радарного или видимого диапазона) и класса объектов. Результаты эксперимента показали работоспособность разработанных методик. При распознавании классов объектов учитывались их размер, форма контура и яркость. Вероятность распознавания классов объектов составила от 0.06 до 0.66. Столь невысокое ее значение обусловлено недостатком высокой разрешающей способностью данных дистанционного зондирования, условиями их получения, невысокой точностью обнаружения объектов (из-за неоптимальности использованных процедур), их расположением, а также несовершенством методики распознавания классов объектов.

1. Кравцов С. Л. Распознавание классов объектов по их контурному представлению // Цифровая обработка изображений: Сб. науч. тр. — Минск: Ин-т техн. кибернетики НАН Беларуси, 2001.—Вып. 5.—С. 170—177.

2. Кравцов С. Л., Мухо И. Н. Распознавание классов объектов, расположенных в однородной области изображения // Анализ цифровых изображений: Сб. науч. тр. — Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2002.—Вып. 1.—С. 79—84.
3. Кравцов С. Л., Орешкина Л. В. Обнаружение и распознавание классов объектов на изображениях дистанционного зондирования // Первый белорусский космический конгресс. 28—30 октября 2003 г. Материалы конгресса. Объединенный ин-т проблем информатики НАН Беларуси. — Минск, 2003.—С. 140—142.
4. Кравцов С. Л., Орешкина Л. В. Распознавание классов объектов на изображениях дистанционного зондирования // Анализ цифровых изображений: Сб. науч. тр. — Минск: Объединенный ин-т проблем информатики НАН Беларуси, 2003.—Вып. 2.—С. 84—96.

PROCESSING OF REMOTE SENSING DATA FOR DETECTION AND RECOGNITION OF OBJECT CLASSES

S. L. Kravtsov, L. V. Oreshkina

We developed a procedure for detection and recognition of object classes on the basis of contours, squares and brightness of objects on remote sensing images. We consider some features of detection of objects in relation to their location on terrestrial and water surfaces and to a kind of remote sensing data.

УДК 528.8

© В. И. Волошин¹, В. М. Корчинский², А. А. Негода³

¹Державне підприємство «Дніпрокосмос», Дніпропетровськ

²Дніпропетровський національний університет

³Національне космічне агентство України, Київ

ПОВЫШЕНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ПАНХРОМНЫХ ЦИФРОВЫХ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

Пропонується методика підвищення інформативності панхромних цифрових знімків ДЗЗ шляхом вейвлетної декомпозиції з використанням мультиспектральних знімків території нижчого розрізнення та подальшого синтезу результатів декомпозиції.

Одним из путей повышения информативности панхромных цифровых изображений, полученных с космических аппаратов (КА), с позиций их интерпретации и дешифрирования является включение в них информационных компонентов соответствующих многоспектральных изображений, полученных в различных спектральных диапазонах электромагнитного излучения — носителя видеоинформации. В работе предложена методика повышения радиометрического разрешения панхромных цифровых снимков, основанная на вейвлет-технологии обработки двумерных цифровых сигналов.

В качестве количественной меры информативности принята сигнальная энтропия, определенная выражением

$$E = - \sum_{i=0}^{N-1} p_i \log_2 p_i,$$

где

$$p_i = - n_i i / \sum_{i=0}^{N-1} n_i i;$$

n_i — количество пикселей с уровнем яркости i ,

суммирование производится по всему множеству уровней яркости, определяемому ее динамическим диапазоном $0, 1, \dots, N - 1$. Полная информативность изображения размерностью $M \times L$ пикселей составляет $I = MLE$.

Сигнальная энтропия связана с вероятностью распознавания соотношением [1, 4]

$$P_{\text{pac}} = \exp \left[-k_{\Sigma} \frac{d\sqrt{m}}{L\sqrt{EMS}} \right], \quad (1)$$

где d — линейное разрешение при абсолютном контрасте, k_{Σ} — коэффициент распознавания формы объекта, L — линейный размер объекта; M — медиана кодов яркости (МКЯ), S — средний квадратичный разброс кодов яркости по полю снимка (СКОЯ), m — среднее значения кодов яркости.

Как известно, вейвлет-декомпозиция двумерного цифрового сигнала заключается в его иерархическом представлении в виде суммы аппроксимирующей и набора детализирующих составляющих, обладающих различными пространственными масштабами [1, 3]. Вейвлет-разложение распределения