

УДК 551.465

В.А. СЛОБОДЯН

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского “ХАИ”, Украина

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНФОРМАТИВНОСТИ ТЕСТОВЫХ ФИГУР С ПРИМЕНЕНИЕМ КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА

Рассмотрены все виды загрязнений, характерных для Черного и Азовского морей с целью создания автоматизированной системы идентификации типов загрязнений морских акваторий. Предложена математическая модель выделенного контура, что позволяет применять к оцифрованным данным математические функции. Предложен набор тестовых фигур с целью применения метода выделения признаков по взаимной корреляции между контурами исследуемого пятна и тестовых фигур. Проведены эксперименты для исследования коррелированности предложенных тестовых фигур по каждому типу загрязнения. Полученные результаты дают возможность проведения дальнейших исследований с целью автоматизации процесса распознавания типов загрязнений.

тестовые фигуры, взаимная корреляционная функция, генератор случайных чисел, преобразование Фурье, автоматизация распознавания

Введение

В связи с постоянным повышением антропогенной нагрузки на морские акватории становится актуальной проблема быстрого и эффективного определения типа загрязнений, а также его источников. Размещение на побережье морей промышленных предприятий, внесение в морскую среду загрязняющих веществ различного происхождения, использование акватории для судоходства и добычи ресурсов – все это антропогенные факторы загрязнения Азово-Черноморского бассейна. Для Черного и Азовского морей характерны следующие типы загрязнений: речной сток, береговой сток, абразия берега, «цветение» фитопланктона и нефтяные загрязнения [1 – 3].

Формулирование проблемы

При обработке космических снимков оптического диапазона для задач мониторинга оказывается недостаточным применение только естественных дешифровочных признаков, к которым принадлежат спектрально-яркостные характеристики, форма выделенного пятна, его текстура и динамика изменения контуров пятна по времени [2, 4]. Все эти при-

знаки систематизированы и описаны словесно [1], и поэтому заключение о природе аномального пятна на морской поверхности в большей степени зависит от опыта оператора, который проводит обработку космических снимков.

В связи с этим, для более эффективного определения типа загрязнения по материалам космических съемок необходима разработка искусственных дешифровочных признаков, сформированных в процессе обработки снимков.

Выделение контура интересующего участка.

Для выделения искусственных дешифровочных признаков используется естественный дешифровочный признак – форма пятна выделенного на морской поверхности аномального явления. В работах [1, 2, 5] показано, что для каждого типа загрязнения характерна определенная форма пятна. В данной работе предполагается, что использование этого признака позволит повысить вероятность определения типа загрязнения.

Исследование формы пятна предполагает выделение контура интересующего участка. Алгоритм выделения показан на рис. 1. В рассмотренном случае автоматическое выделение на космических

снимках участков водной поверхности достигается применением линейной разделительной функции $d(x)$ [2]:

$$X(I) \in \begin{cases} w_1, \text{если } d(I) < 0 \\ w_2, \text{если } d(I) \geq 0 \end{cases}$$

где $d(x) = W_0 + W_2 I_2 + W_3 I_3$, I_2 и I_3 – зональные яркости изображения соответственно в каналах съемки К2 и К3; W_0, W_2, W_3 – постоянные коэффициенты (компоненты весового вектора \vec{W}), значения которых приблизительно оценивают по двумерной гистограмме яркости.

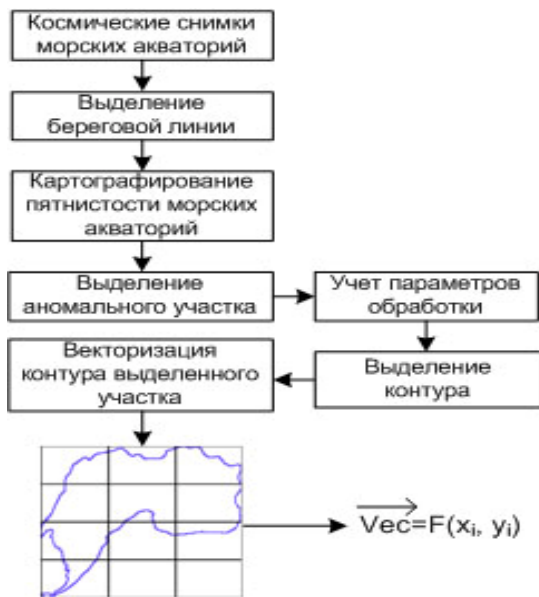


Рис. 1. Алгоритм выделения контура интересующего участка

Решение проблемы. Корреляционный анализ контуров исследуемого пятна и тестовых фигур

Для распознавания типов загрязнений морских акваторий был предложен метод выделения признаков по взаимной корреляции исследуемого контура и набора тестовых фигур (рис. 2). Такой подход использовался, например, в распознавании рукописного текста [6, 7].

Для проведения дальнейшей работы был предложен алгоритм преобразования выделенного контура в развертку вида

$$Vec(\theta) = \sum_{i=1}^N vec_i \cdot \theta^i,$$

где vec – значение вектора от начала координат до каждой точки контура, θ – приращение угла между соседними векторами (рис. 3).

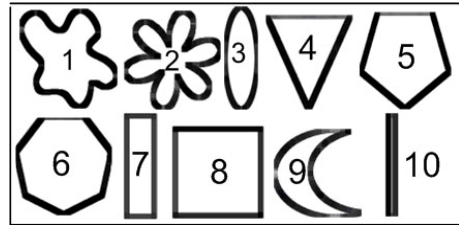


Рис. 2. Набор тестовых фигур

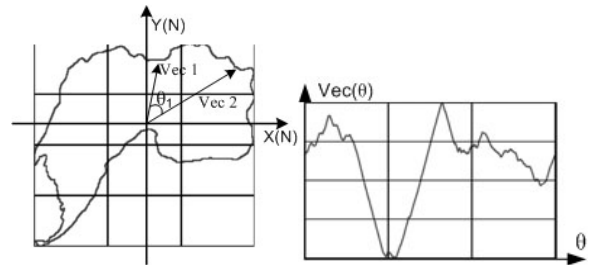


Рис. 3. Математическая модель контура

За неимением достаточного количества контуров для статистического анализа применялся генератор случайных чисел (рис. 4) [8, 9]. Использование такого подхода дает возможность сгенерировать необходимое количество контуров, сохраняя общую форму исследуемого вида загрязнения.

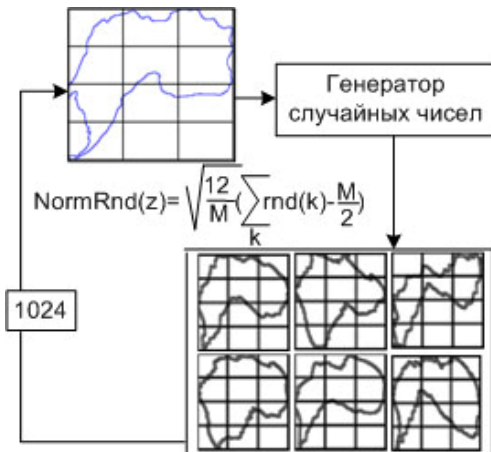


Рис. 4. Использование генератора случайных чисел

Алгоритм корреляционного анализа. Корреляционный анализ контуров исследуемой и тестовой фигуры включает в себя следующие этапы:

- 1) выделение контура интересующего участка;
- 2) применение генератора случайных чисел к выделенному контуру;
- 3) преобразование исследуемых контуров в развертку вида, представленного на рис. 2;
- 4) нормирование полученных данных [8];
- 5) применение преобразования Фурье к отнормированным разверткам [8];
- 6) определение взаимной корреляционной функции (VKF) между контурами исследуемой и тестовой фигуры;
- 7) формирование выборки данных по максимальному значению взаимной корреляционной функции. Максимальное значение VKF является соответствующим отсчетом формируемой выборки данных;
- 8) расчет коэффициентов корреляции тестовых фигур для каждого типа загрязнения;
- 9) формирование таблиц коэффициентов корреляции для всех типов загрязнений по каждой тестовой фигуре;
- 10) анализ полученных результатов.

Нормирование развертки контура позволяет не учитывать зависимость данных от размера выделенного пятна. Площадь всех исследуемых фигур равна единице.

Взаимная корреляционная функция определяется по формуле [10]:

$$VKF = \frac{IFFT(S_1(w) \cdot S_2(w))}{\sqrt{\sigma_1 \cdot \sigma_2}},$$

где $S_1(w)$ и $S_2(w)$ – прямое преобразование Фурье от разверток исследуемого контура и тестовой фигуры соответственно;

σ_1, σ_2 – дисперсии исследуемых разверток;

$IFFT$ – обратное преобразование Фурье.

Алгоритм формирования выборки данных показан на рис. 5.



Рис. 5. Алгоритм формирования выборки данных по взаимной корреляционной функции

Анализ полученных результатов. Исследования проводились с тестовыми фигурами, представленными на рис. 2.

Используя алгоритм, представленный на рис. 5, по каждой тестовой фигуре были сформированы выборки данных, которые представляют собой 1024 максимальных коэффициента, определенных по взаимной корреляционной функции. Построенные по полученным выборкам гистограммы оценивались визуально. Анализ полученных результатов показал, что законы распределения данных можно считать нормальными. Определяя математическое ожидание (M) и дисперсию (σ), по каждому виду загрязнения рассчитывались коэффициенты корреляции по следующей формуле [8]:

$$C_{jtk} = \frac{\sum_{i=1}^N (y_{ji} - M_j) \cdot (y_{ti} - M_t)}{(N-1) \cdot \sigma_j \cdot \sigma_t},$$

где $N=1024$, y – выборки данных, сформированная по j -й и t -й тестовой фигуре, C – коэффициент корреляции.

Такой подход дает возможность исследовать коррелированность тестовых фигур между собой, что исключит из дальнейшего рассмотрения наименее информативные.

Используя полученные данные, были сформированы таблицы коэффициентов корреляции для всех видов загрязнений по каждой тестовой фигуре.

Анализ полученных результатов показал, что из 10 тестовых фигур для дальнейшего рассмотрения целесообразно не использовать первую и седьмую фигуру. Это связано с тем, что по всем

результатам они оказались коррелированными со всеми остальными. Коэффициент корреляции при этом варьирует от 0,6 до 0,9.

На рис. 6 представлена таблица усредненных коэффициентов корреляции для всех видов загрязнений.






















										
1.0	0.42433	0.57133	0.60689	0.63922	0.75678	0.63139	0.74911	0.67989	0.60680	
	1.0	0.37612	0.36410	0.38914	0.36450	0.37394	0.50778	0.42673	0.37705	
		1.0	0.82189	0.84278	0.69711	0.92289	0.49785	0.41156	0.93822	
			1.0	0.88467	0.77744	0.77122	0.54856	0.54546	0.84933	
				1.0	0.88944	0.80656	0.52388	0.55711	0.89767	
					1.0	0.67344	0.59922	0.67433	0.83100	
						1.0	0.55935	0.49180	0.87956	
							1.0	0.77200	0.51286	
								1.0	0.48633	
									1.0	

Рис. 6. Таблица усредненных коэффициентов корреляции для всех видов загрязнений

Заключение

Полученные в результате корреляционного анализа данные показали, что применение предложенного метода выделения признаков по взаимной корреляции контуров исследуемого пятна и тестовых фигур позволяет определить наиболее информативные тестовые фигуры.

Представленные результаты используются для дальнейшей разработки алгоритма автоматизированной идентификации типов загрязнений, что даст возможность повысить эффективность космического мониторинга морских акваторий Черного и Азовского морей.

Литература

1. Красовский Г.Я. Аэрокосмический мониторинг поверхностных вод. – Л.:ВНИИКАМ, 1992. – 231 с.
2. Красовский Г.Я., Петросов В.А. Інформаційні технології космічного моніторингу водних екосистем і прогнозу водоспоживання міст. – К.: Наук. думка, 2003. – 224 с.
3. Стан довкілля Чорного моря: Національна доповідь України. 1996 – 2000 рр. – С764 Одеса: Астропринт, 2002. – 80 с.

4. Брук В.В. Исследование загрязнения водных объектов взвешенными веществами по материалам космических съемок: Дис. ... канд. техн. наук. – Х., 1991. – 181 с.

5. Мацокин Л.В. Метод районирования вод Черного моря по комплексу параметров. Проблемы Черного моря. – Севастополь. МГИ Академии Наук Украины, 1992. – С.69-70.

6. Гонсалес Р., Дж. Ту. Принципы распознавания образов: Пер. с англ. – М.: Мир, 1978. – 416 с.

7. Прэтт У. Цифровая обработка изображений: Пер. с англ. – М.: Мир, 1982. – Кн. 2. – 480 с.

8. Математические модели электронных аппаратов и систем / М.Ф. Бабаков, А.В. Попов, М.И. Луханин: Учебн. пособие. – Х.: Нац. аэрокосмический ун-т «Харьк. авиа. ин-т», 2003. – 109 с.

9. Ярославский Л.П. Введение в цифровую обработку изображений. – М.: Сов. радио, 1979. – 312 с.

10. Бендат Дж., Пирсол А. Прикладной анализ случайных данных: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 540 с.

Поступила в редакцию 18.12.2007

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Г.Я. Красовский, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.