

УДК 551.465

В.А. СЛОБОДЯН

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина***ФОРМАЛИЗАЦИЯ СТРУКТУРНЫХ ПРИЗНАКОВ ЗАГРЯЗНЕНИЙ МОРСКИХ АКВАТОРИЙ НА ПРИМЕРЕ ТЕСТОВЫХ ФИГУР**

Рассмотрены и систематизированы естественные дешифровочные признаки типов загрязнений, характерных для Черного и Азовского морей, что сделало возможным сформировать искусственные дешифровочные признаки. Проведены эксперименты для подтверждения возможности использования выделенных признаков.

**космический мониторинг, дешифровочные признаки, яркостные признаки, структурные признаки, тестовые фигуры, векторизация, преобразование Фурье**

**Введение**

В настоящее время в Украине все более актуальной становится проблема эффективного экологического мониторинга Черного и Азовского морей. Это связано с повышением влияния антропогенной нагрузки на эти объекты. Разработаны различные методики исследования загрязнений морей [1 – 4], однако для более качественных исследований необходимо максимально автоматизировать процесс идентификации источников антропогенного загрязнения и их влияние.

**Формулирование проблемы.** Тематический анализ ряда космических снимков морских акваторий, проведенный согласно методикам, изложенным в [1, 2], позволил установить возможность использования материалов космических съемок для исследования следующих процессов антропогенного воздействия: загрязнение вод сбросами промышленных стоков; вынос загрязненных речных вод в моря; поверхностный сток с сельхозугодий и застроенной территории; переформирование берегов морских водоемов; взмучивание донных отложений.

Кроме этого, в процессе космического мониторинга необходимо определять не только источники загрязнений, но и последствия, к которым они приводят.

**Применение естественных дешифровочных признаков.** При отсутствии достоверной информации о природе аномального явления на поверхности морских акваторий единственный способ определить тип загрязнения – использовать естественные и искусственные дешифровочные признаки. Естественные дешифровочные признаки – это признаки, которые устанавливаются в результате визуального анализа изображений [3, 4]. На рис. 1 приведена схема определения типа загрязнений с применением этих признаков. Изучение естественных дешифровочных признаков замутненных вод важно также для правильного выбора искусственных дешифровочных признаков, т.е. признаков, получаемых в результате специальной обработки изображений или проведения специальных измерений.



Рис. 1. Схема идентификации типа загрязнений по дешифровочным признакам

Дешифровочные признаки можно разделить на две основных группы – яркостные и структурные.

При визуальной дешифровке фотографических материалов к яркостным признакам относятся характеристики цвета: цветовой тон, насыщенность цвета и «светлота». При дешифрировании цифровых изображений, визуализованных на экране дисплея, к яркостным признакам относится эквивалент яркости изображения, эквиваленты зональных яркостей [5, 6].

Яркостные признаки применяют для идентификации объектов, которые значительно различаются по коэффициентам яркости, или для оценок параметров состояния зондируемой поверхности. Структурные признаки используют, главным образом, для идентификации объектов. Часто объекты идентифицируют на основе совместного использования яркостных и структурных признаков.

Использование яркостных признаков обусловлено тем, что при оптической индикации параметров качества воды могут регистрироваться такие величины, как альbedo, коэффициент отражения, коэффициент спектральной яркости (КСЯ) [1, 2, 6].

Использование структурных признаков обусловлено тем, что для каждого типа загрязнения характерна та или иная форма пятна, а также характерная для него текстура. Форма аномального пятна на морской поверхности, а также априорная информация о его расположении относительно береговой линии дают возможность с большей вероятностью определить причину возникновения данного явления.

### **1. Решение проблемы. Определение искусственных дешифровочных признаков**

Для задач космического мониторинга оказывается недостаточным применение только естественных дешифровочных признаков, к которым принадлежат спектрально-яркостные характеристики, форма выделенного пятна, его текстура и динамика изменения контуров пятна во времени.

Все эти признаки систематизированы, описаны словесно [4], и поэтому заключение о природе аномального пятна на водной поверхности в большой степени зависит от оператора, который проводит обработку полученных снимков. Для повышения эффективности космического мониторинга проводятся эксперименты по определению ряда искусственных дешифровочных признаков. Конечной целью проводимой работы является автоматизация процесса обработки материалов космической съемки. Для достижения поставленных задач был создан алгоритм определения искусственных дешифровочных признаков и проведены эксперименты на тестовых фигурах с целью выделения наиболее информативных из них.

**1.1. Алгоритм определения необходимых параметров.** Работа для определения искусственных дешифровочных признаков включает в себя следующие этапы:

- 1) определение и выделение аномального пятна на морской поверхности;
- 2) векторизация контура выделенного пятна;
- 3) определение характерных форм пятен для загрязнений, типичных для Черного и Азовского морей;
- 4) нахождение математических функций, описывающих различия в выделенных контурах.

Первые три этапа реализовываются с применением создаваемой программы ImProc [8]. Для первичной работы с математическими функциями использовалась программа MathCad.

**1.2. Работа с тестовыми фигурами.** Исследования проводились над тестовыми фигурами, имеющими различные формы (некоторые из них представлены на рис. 2).

Выделенный контур векторизирован. Зависимость значения  $X$  и  $Y$  от номера отсчета (рис. 3) предполагается использовать для проведения статистических исследований, а также для приведения контуров всех фигур к единой единичной площади.

Это дает возможность оценить вероятность определения типа загрязнений по этому параметру, а также повысит эффективность обработки данных.

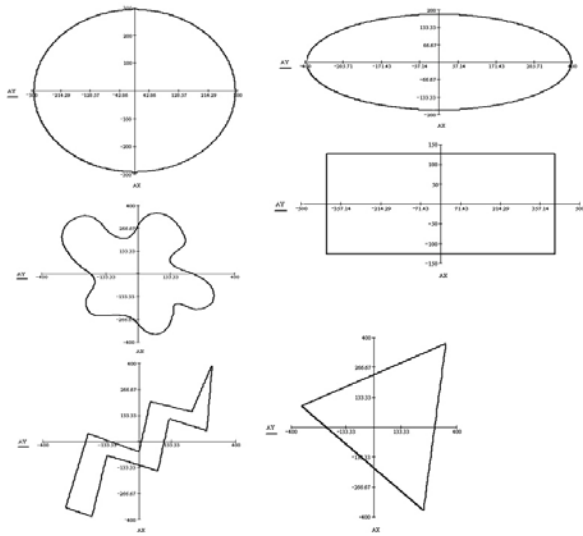


Рис. 2. Набор тестовых фигур

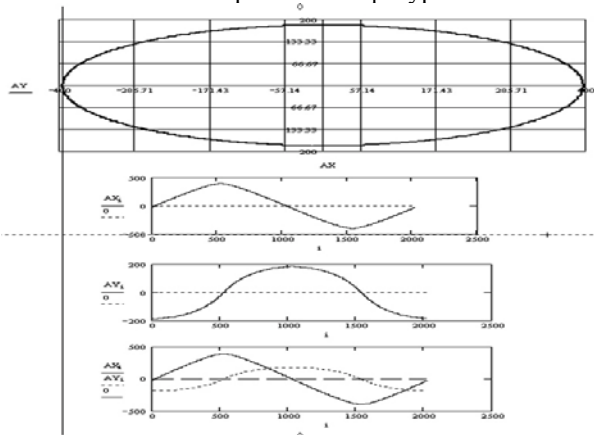


Рис. 3. Контур фигуры и зависимости значений X и Y от номера отсчета

Для дальнейшей работы с контуром был проделан ряд процедур с целью преобразования контура в сигнал (рис. 4).

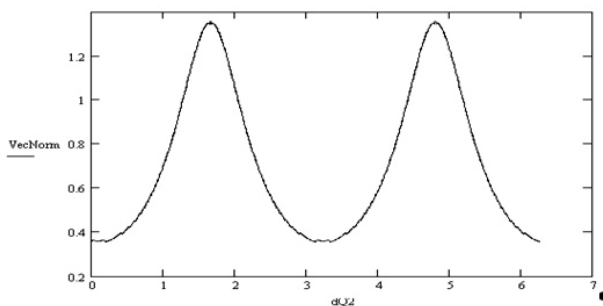


Рис. 4. Преобразование контура в сигнал

По оси Y откладываются величины векторов от начала координат до точки контура, а по оси X – приращения углов между соседними векторами. Такой подход дал возможность работать не только с выпуклыми контурами, но и с контурами, в которых имеются входящие внутрь участки любой сложности.

На рис. 5 показано преобразование Фурье (а) и график производной (б) для сигнала, представленного на рис. 4.

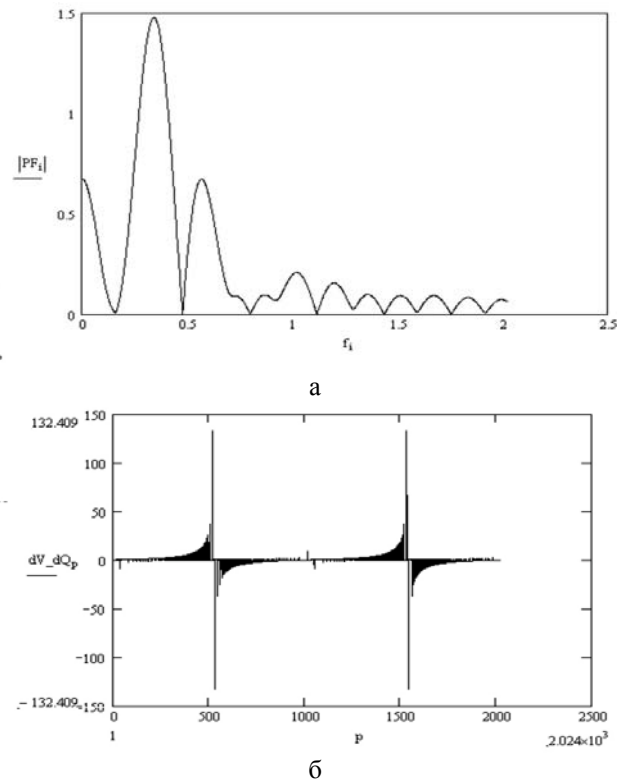


Рис. 5. Преобразование Фурье (а) и график производной (б) для исследуемого контура

В процессе исследования выбранных функций для всех тестовых фигур был сделан вывод, что и преобразование Фурье, и производные можно использовать как искусственные дешифровочные признаки, т.к. для каждого отдельного случая имеются существенные различия для различных форм контура, что показано на рис. 6 и 7.

### Заключение

Представленные данные по естественным и искусственным дешифровочным признакам загрязне-

ний морських акваторій приводять к необходимости решения проблемы частичной автоматизации процесса идентификации типов загрязнений.

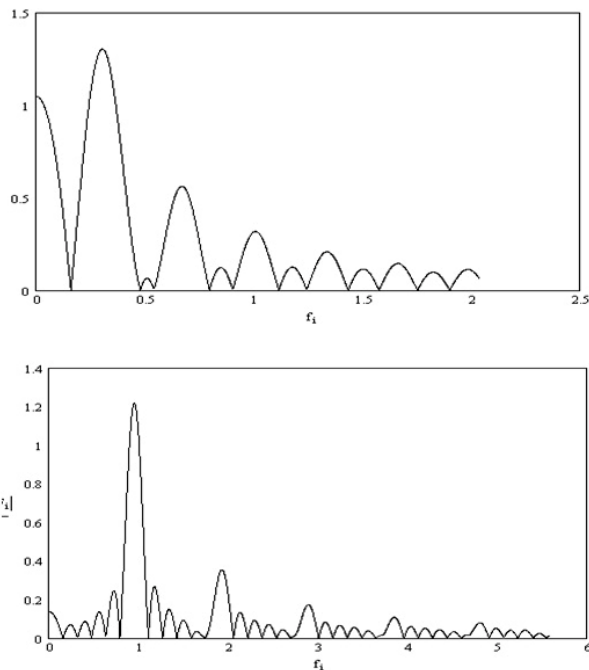


Рис. 6. Преобразование Фурье для некоторых фигур

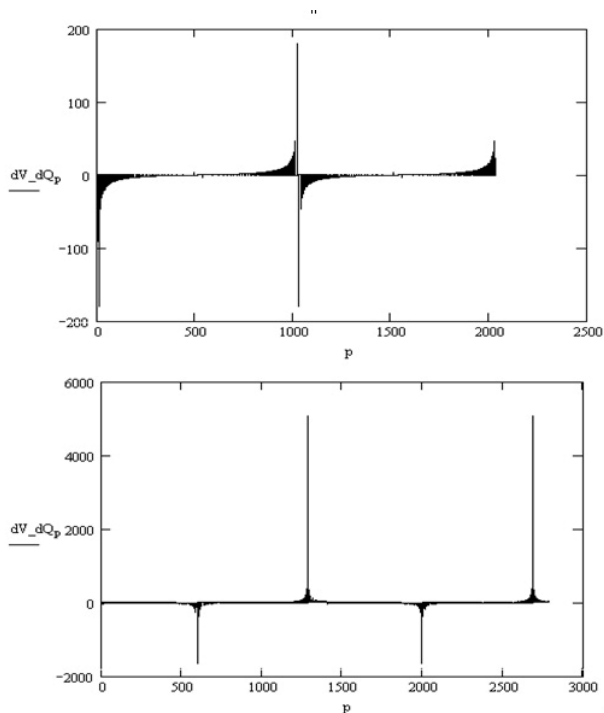


Рис. 7. Графики производных для некоторых фигур

Для этого необходимо разработать программное обеспечение, которое будет включать в себя необходимые функции, которые позволят повысить эф-

фективность космического мониторинга Черного и Азовского морей.

## Литература

1. Брук В.В. Исследование загрязнения водных объектов взвешенными веществами по материалам космических съемок: Дис. ... канд. техн. наук. – Х., 1991. – 181 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. Берсенева Г.П., Толкаченко Г.А., Мартынов О.В. Летняя динамика пигментов фитопланктона и ее связь с оптическими параметрами в шельфовых водах Черного моря (2001 – 2002 гг.) // Морской гидрофизический журнал. – 2006. – № 3. – С. 36-51.
4. Красовский Г.Я. Аэрокосмический мониторинг поверхностных вод. – Л.:ВНИИКАМ, 1992. – 231 с.
5. Голубицкий А.А., Левин И.М., Танташев И.И. Коэффициент яркости полубесконечного слоя морской воды. // Изв. АН СССР. – 1974. – Т.Х. Физика атмосферы и океана. – С. 1235-1238.
6. Ерлов Н.Т. Оптическая океанография. – М.: Мир, 1970. – 224 с.
7. Красовський Г.Я., Волошкіна О.С., Пономаренко І.Г., Слободян В.О. Інвентаризація водойм регіону з застосуванням космічних знімків і геоінформаційних систем. // Екологія і ресурси. – 2005. – № 11. – С. 19-42.

Поступила в редакцію 3.12.2007

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