

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения  
19000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67,  
кафедра телевизионных и радиопередающих систем

Оперативное обнаружение и точная оценка параметров разливов нефтепродуктов на водной поверхности позволяют своевременно принять меры по минимизации ущерба, нанесенный им природе. Это требует разработки соответствующих технических средств и систем, позволяющих решать следующие задачи:

- обнаружить пятно разлива и выдать сигнал тревоги,
- определить площадь загрязнения и объем вылитых нефтепродуктов,
- определить скорость и направление движения нефтяного пятна,
- подготовить документы, необходимые для предъявления штрафных санкций.

Применение телевизионных методов позволяет не только обнаружить нефтяной разлив на водной поверхности, но и решить всю остальную совокупность задач экологического мониторинга. Установленные на борту летательного аппарата ТВ системы, состоящие из цифровой видео камеры и ЭВМ, позволяют провести оперативный и широкий (по охвату территории) контроль, зарегистрировать вид нефтяного пятна, определить его параметры и провести документирование очага загрязнения.

Исходными данными для оценки параметров загрязнения в ТВ-системе является видео кадр (цветная цифровая фотография) участка акватории. Нефтяное пятно выделяют по совокупности признаков. Предложено использовать различие гистограмм уровней распределения сигналов яркости и цветности в системе *Lab* для чистой воды и нефтяной пленки (рис. 1). Дополнительным признаком сегментирования нефтяного пятна является его цвет, заданный нормированными *RGB* координатами. На их основе ориентируют допуск на цветность и на изображении выделяют область с цветностями, попадающими вовнутрь зоны допуска.

Построенный на основе двух описанных признаков алгоритм сегментирования состоит из следующих основных этапов:

- разбиение ТВ кадра на фрагменты равной площади;
- получение гистограмм распределения уровней сигналов цветоделенных каналов в каждом фрагменте;
- выделение фрагментов, удовлетворяющих принятым признакам;
- определение цветности и допуска на цветность по результатам анализа гистограмм;

Каналы Яркости *L* Цветности *a* Цветности *b* • сегментация пятна.

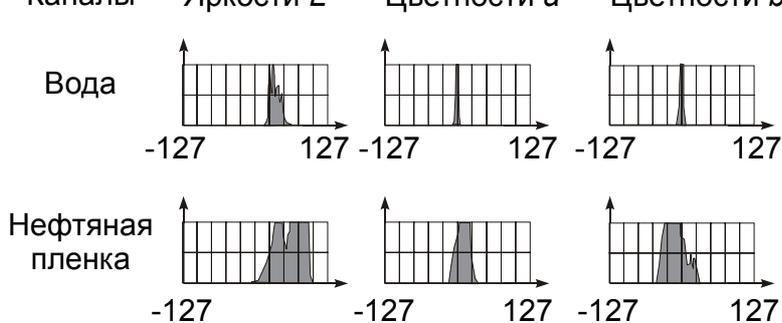


Рис. 1. Гистограммы распределения уровней яркости и цветности для чистой воды и нефтяной пленки

Основными параметрами загрязнения являются его площадь и объем. Сегментация пятна на изображении дает возможность определить число приходящихся на него элементов ТВ развертки. Для определения размеров пятна необходимо знать площадь элемента, пересчитанную по отношению к водной поверхности. Соответствие одного элемента единице площади, определяется высотой, с которой производилась съемка, и ориентацией фотокамеры относительно поверхности воды. В простейшем случае, когда фотокамера направлена строго

перпендикулярно к водной поверхности, площадь одного элемента

$$PP = \left( 25 * (d / f) * D / \sqrt{1 + Format^2} \right)^2,$$

где *f* - фокусное расстояние в мм, *d* - высота съемки в м., *D* - диагональ ПЗС матрицы в дюймах, *Format* - формат кадра.

На практике положение фотокамеры относительно водной поверхности отлично от строго вертикального и определяется двумя углами: тангажом и креном летательного аппарата. В этом случае площадь элемента становится переменной и зависит от его положения (координат) на изображении:

$$PP_{i,j} = F(XP_{i,j}, YP_{i,j}), i = 1..hh, j = 1..ll,$$

где *i, j* - номер пикселя по строке и по столбцу, *ll* - разрешение по горизонтали, *hh* - разрешение по вертикали.

Для определения вида функции *F* найдено соответствие между координатами точки на изображении и на объекте наблюдения, т. е. связь между двумя системами координат: камеры и объекта. С помощью

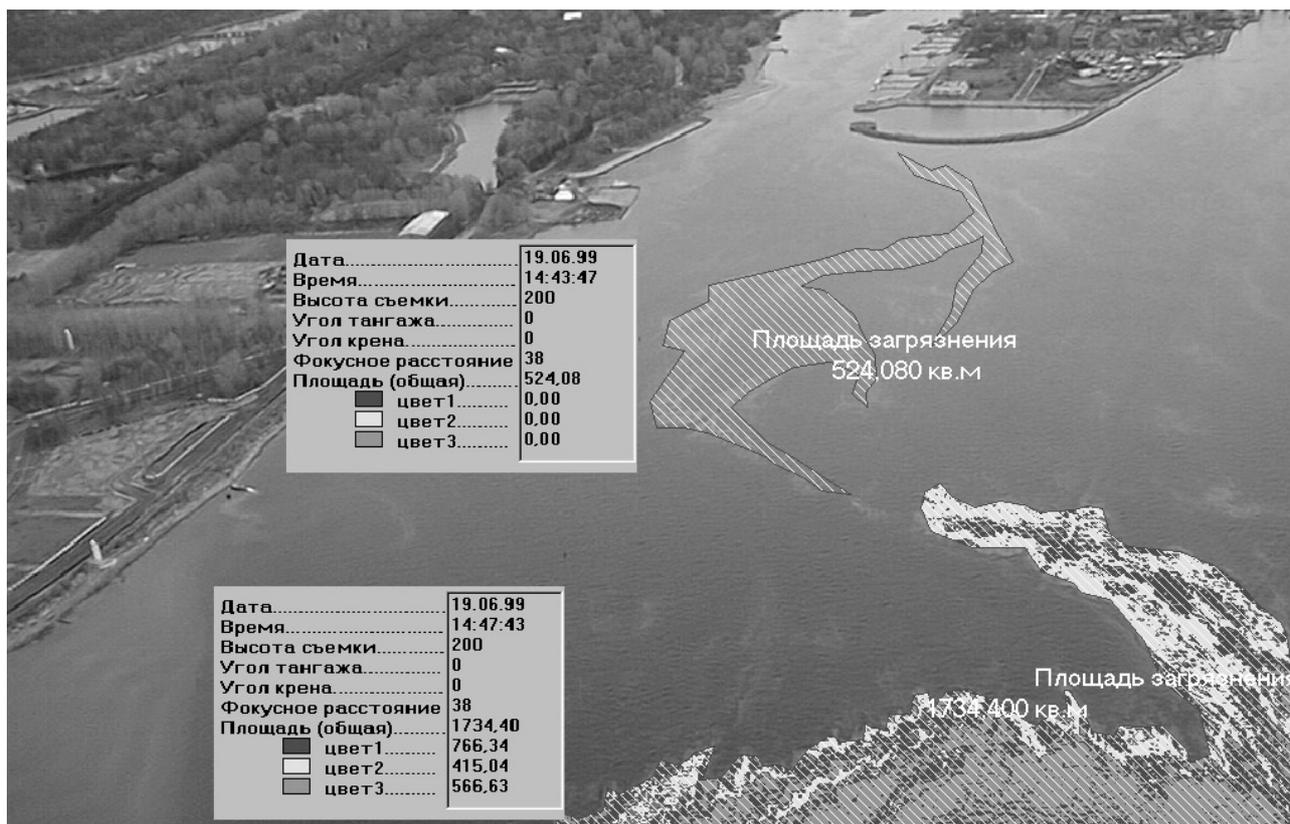


Рис. 2. Вид информационного кадра

метода однородных координат[2, 3] получена матрица преобразования, связывающая систему координат камеры и объекта

$$M = T * R_{\phi} * R_{\pi} * R_{\gamma}.$$

Она представляет собой произведение четырех матриц:

- $T$  - совмещение центра системы координат камеры с центром системы координат объекта,
- $R_{\phi}$  совмещение оси  $z$  системы координат камеры с осью  $Z$  системы координат объекта поворотом на угол  $\phi$  относительно оси  $X$ ,
- $R_{\pi}$  - переход из левосторонней в правостороннюю систему координат,
- $R_{\gamma}$  - совмещение оси  $x$  системы координат камеры с осью  $X$  системы координат объекта поворотом на угол  $\gamma$  относительно оси  $Y$ .

Площадь элемента определяют по его местоположению на кадре, используя полученные формулы пересчета. Для оценки объема вылитых нефтепродуктов на пятне выделяют области различного цвета и оценивают их площади. Существуют стандартные данные, устанавливающие соответствие между цветом нефтяной пленки и ее толщиной. Это позволяют грубо оценить объем вылитых нефтепродуктов (например, серебристо-белесая окраска пятна загрязнения соответствует толщине пленки 0.76 мкм и удельному объему 88 л./ кв. км, темная окраска толщине 2.032 мкм и удельному объему 2310 л./кв. км).

Выделение областей осуществляют в интерактивном режиме. Оператор указывает фрагмент изображения, имеющий эталонный цвет. Величину фрагмента (размер кисти) выбирают в интерактивном режиме. Проводят считывание цвета пикселей выбранного фрагмента изображения и рассчитывают RGB координаты эталонного цвета. Проверяют попадание координат пикселей, находящихся внутри контура, в сформированный цветовой интервал. По числу пикселей автоматически определяют площади областей загрязнения, имеющих заданный цвет. Далее формируют информационный кадр, включающий в себя текстовые и графические данные, характеризующие загрязнение. Для наглядности селектированные области заливают искусственными цветами. Разработанная рабочая версия системы используется Государственным комитетом России по охране природных ресурсов как непосредственно для мониторинга, так для формирования пакета документов, необходимых при наложении штрафных санкций на предприятия, являющиеся виновниками загрязнения акватории.

Литература

1. Быков Р.Е., Бочко В.А. Многоспектральная интерактивная система обнаружения и измерения параметров объектов. Известия ВУЗов России. Радиоэлектроника 1998. Вып 1. с.50-54.
2. Иванов В.П., Батраков А.С. Трёхмерная компьютерная графика. М.: Радио и связь, 1995. 224с.
3. Фоли Дж., вэн Дэм А. Основы интерактивной машинной графики. В 2-х книгах. М.: Мир, 1985. Т.1-367с, Т.2 – 368 с.

DIGITAL IMAGE PROCESSING IN TV SYSTEMS OF WATER SURFACE MONITORING.

Obuchova N.A.

ST.-PETERSBURG STATE UNIVERSITY  
OF AEROSPACE INSTRUMENTATION  
19000, St.-Petersburg, street B. Morskaya, 67,  
Faculty television and radio systems

Quick detecting and exact estimating parameters of petroleum floods on a water surface allow to take measures for minimization nature damage put by them in time. It demands development of appropriate means and systems allowing to decide following task:

- To detect a stain of flood and to give alarm signal,
- To determine a pollution stain square and volume of petroleum, which was run out,
- To determine a petroleum stain speed and direction of movement,
- To prepare documents, which are necessary for fines.

The application of television methods allows to detect petroleum flood on a water surface, and more over to decide all other tasks of ecological monitoring. TV system, placed on a board of flying device, and consisting of a digital video camera and a computer, allows to carry out quick and wide (the square of territory is mean) control, to register a petroleum stain image, to determine it parameters and to prepare documents about pollution.

Input data for pollution parameters estimating in the TV-system is a frame (colour digital image) of water area. A petroleum stain is selected via the set of features. It is offered to use the difference in histograms of distribution levels for the luminance and colour signals in the Lab system for clean water and petroleum film (fig. 1). Additional feature for petroleum stain selecting is it colour given in normalized RGB coordinates. On their base the interval on colour is formed and the area with colour, which belongs to this interval, is selected on frame.

The algorithm, designed on these two features, consists of the following main steps:

- Dividing TV frame on parts with equal square;
- Obtaining the histograms of distribution levels for the luminance and colour signals for each part;
- Selecting the parts, which satisfy to accepted features;
- Determining colour and the colour interval according to the histograms analysis results;
- Selecting the stain.

The main pollution parameters are it square and volume. Selecting the stain on the frame gives possibility to determine quantity of pixels, which are included in the stain image. To determine the stain square it is necessary to know pixel square calculated in relation to a water surface. The correspondence between one pixel and an unit of square, is defined by height of photo taking and camera orientation to a water surface. In the elementary case, when the camera is directed strictly perpendicularly to a water surface, square of one unit is

$$PP = \left( 25 * (d / f) * D / \sqrt{1 + Format^2} \right)^2 ,$$

Where  $f$  - focal length in mm;  $d$  - height of photo taking in m.;  $D$  - diagonal of a CCD-chip in inches;

$Format$  - format of a frame.

In practice the camera orientation to a water surface is not strictly vertical and is determined by two corners of the flying device orientation. In this case unit square becomes a variable and depends on it coordinates on the frame:

$$PP_{i,j} = F(XP_{i,j}, YP_{i,j}) \quad i = 1..hh, \quad j = 1..ll$$

Where  $i, j$  - number of a pixel on row and on column,  $ll$  - resolution on a horizontal,  $hh$  - resolution on a vertical.

To define the function  $F$  it is necessary to find the correspondence between pixel coordinates on the frame and on the object of observation. It is the connection between two coordinate systems: camera system and object system. According to the method of homogeneous coordinates [2, 3] the transformation matrix, linking the camera coordinate system and the object coordinate system is obtained

$$M = T * R_{\varphi} * R_{\pi} * R_{\gamma}$$

It is the result of four matrixes multiplication:

- **T** - overlapping the camera coordinate system center with the object coordinate system center,
- **R<sub>φ</sub>** -overlapping the camera coordinate system axis z of with the object coordinate system axis Z by turning on the corner around the axis X,
- **R<sub>π</sub>** - transition from left-hand in a right-hand coordinate system,
- **R<sub>γ</sub>** - overlapping the camera coordinate systems axis x with the object coordinate systems axis X of by turning on the corner around the axis Y.

Square of a unit is determined on it location on the frame, using the obtained recalculation formulas. To value the volume of petroleum it is necessary to select areas with different colour on the stain and evaluate their squares. There are standard data installing correspondence between the petroleum film colour and its width. It allows to evaluate roughly the volume of petroleum (for example, the stain colour between light white and silver corresponds to film with width 0.76 microns and specifics volume of petroleum 88 l./ sq. km, dark colour corresponds to width 2.032 microns and specifics 2310 l./sq. km).

Selection of areas is carried out in an interactive mode. The operator specifies the image part with standard colour. The part square (size of a paintbrush) is selected in an interactive mode. Reading pixels colour of the selected image part is carried out and then the RGB coordinates of standard colour are calculated. The coordinates of pixels, which are inside the spite, are checked on their getting in the generated colour interval. The quantity of pixels automatically determines squares of pollution areas having given colour. The selected areas are painted with artificial colours for visualization. Further the information file including text and graphic data, describing pollution, is formed.

The developed working version of the system is used by The Russia State Committee on Natural Resources Protection as directly for monitoring, so for preparing documents to fine firms, which are fault in water pollution.

#### The literature

1. Быков Р.Е., Бочко В.А. The multispectral interactive system of detection and objects parameters measurement. News of high SCHOOLS of Russia. Radioelectronics 1998. Vol.1.p.50-54.
2. Иванов В.П., Батраков AMPERE-SECOND. A three-dimensional computer graphics. М.: radio and link, 1995. 224p.
3. Фоли Дж., вэн Дэм А. of a Basis of an interactive machine graphics. In the 2-nd books. М.: the world, 1985. Т.1-367p, Т.2 - 368 p.