

11. *Островитянинов Р.В., Басалов Ф.А.* Статистическая теория радиолокации протяженных целей. – М.: Радио и связь, 1982. – 232 с.
12. *Борисов Е.Г., Турнецкий Л.С., Касацев М.Ю.* Комплексирование данных бортовых координаторов цели в группе противокорабельных ракет. Сб. тр. научн.-техн. конф. «Состояние, проблемы и перспективы создания корабельных информационно-управляющих комплексов». – М.: ОАО «Концерн «Моринформсистема-Агат», 2010. – С. 44-48.

Анцев Георгий Владимирович

ОАО «Научно-производственное предприятие «Радар-ммс».
E-mail: radar@radar-mms.com.
197375, г. Санкт-Петербург, ул. Новосельковская, 37.
Тел.: 88123021616.

Борисов Евгений Геннадьевич

Турнецкий Леонид Сергеевич

Ancev Georgiy Vladimirovich

Joint-Stock Company «Radar mms».
E-mail: radar@radar-mms.com.
37, Novoselkovskay St., 197375, St. Petersburg, Russia.
Phone: 88123021616.

Borisov Eugeny Gennadjevich

Turnezkiy Leonid Sergeevich

УДК 621.397.3:536.3

В.А. Павлова, С.Н. Крюков, Р.К. Каркаева, М.В. Созинова

**АВТОМАТИЧЕСКОЕ КОМПЬЮТЕРНОЕ РАСПОЗНАВАНИЕ НАЗЕМНЫХ
И МОРСКИХ ОБЪЕКТОВ**

В данной работе предлагается методика и алгоритмы автоматического распознавания наземных и морских объектов, основанные на цифровой обработке изображений, получаемых на борту летательных аппаратов (ЛА), снабженных оптико-электронной системой (ОЭС), позволяющей получать поток изображений подстилающей земной поверхности с находящимися там объектами обнаружения. ОЭС может работать как в диапазоне видимого участка спектра, так и в различных диапазонах ИК спектра.

Летательные аппараты; оптико-электронная система (ОЭС).

V.A. Pavlova, S.N. Kryukov, R.K. Karkaev, M.V. Cozinova

**AUTOMATIC TARGET RECOGNITION (ATR) OF GROUND BASED
AND SEA OBJECTS**

In the report the ATR algorithms and methodics are proposed, which are founded on the methods and theory of digital image processing. The algorithms were created and investigated for the images got on the airplane board with the help of Optical Electronic System (OES) giving the possibilities to get the image streams from the earth and sea surfaces (with the objects of interest). The OES works both in visible and infra-red ranges of lighting.

Airplane board; Optical Electronic System (OES).

1. База эталонных изображений. База эталонных изображений включает в себя, помимо изображений и их характеристик, еще и данные о параметрах получения этих изображений, таких как дальность до объекта, вертикальный и горизонтальный углы съемки (для наземных целей угол отсчитывается от направления

на географический север) и параметры ОЭС для того, чтобы можно было пересчитывать эталонные изображения в масштабы текущих изображений распознаваемых объектов.

В качестве эталонных изображений база должна включать в себя набор изображений объектов, снятых под разными ракурсами. На рис. 1-5 показаны примеры эталонных изображений для вертикального угла визирования, равного 0° и для набора горизонтальных ракурсов.



Рис. 1. Курс 0°



Рис. 2. Курс 30°



Рис. 3. Курс 60°



Рис. 4. Курс 90°



Рис. 5. Курс 150°

Кроме того, в базе данных эталонов хранятся контурные изображения для всех ракурсов, так как они будут необходимы для работы алгоритмов распознавания (см. далее).

Тактика распознавания наземных целей базируется на следующих принципах работы динамических систем, осуществляющих поиск наземных целей и морских целей:

- ◆ Полет осуществляется в конкретную точку пространства, в районе которой достоверно находится заданная цель.
- ◆ Заранее, в наземных условиях, готовится эталон объекта, подлежащего автоматическому распознаванию.
- ◆ В полетном задании на конкретный полет содержится информация о координатах точки подлета к цели, элементы ориентации летательного аппарата (ЛА) относительно цели на момент подлета (высота, наклонная дальность до цели, углы курса, тангажа и крена), углы ориентации оптической оси объектива оптико-электронной системы (ОЭС) относительно продольной оси ЛА, эталон цели, соответствующий ракурсу изображения, формируемого ОЭС на момент подлета.
- ◆ Для случая, когда подлет к области расположения цели не обеспечивает точного выведения на желаемый ракурс визирования объекта, необходимо использовать множество эталонов цели, перекрывающее возможные ошибки навигации.

Принципы автоматического распознавания рассматриваемых объектов, предлагаемые нами, базируется на применении теории «контурных» изображений, дистантных полутоновых изображений и методов корреляционного анализа. Алгоритмы автоматического распознавания, построенные на этой базе, отличаются повышенной устойчивостью к шумам и допускают частичную потерю исходной информации. Применение комбинированного «контурно-дистантного корреляци-

онного” алгоритма позволяет существенно уменьшить вероятность ложных тревог при сохранении высокой вероятности правильного распознавания.

2. Контурное представление текущих и эталонных изображений. Контурный алгоритм основан на измерении сходства контурных изображений, принцип которого заключается в том, что одно из них – исходное- $Im(x,y)$ преобразуется в контурное бинарное изображение с помощью следующих операций:

$$Gx(x,y) = Im(x,y) * Hx, \quad (1)$$

$$Gy(x,y) = Im(x,y) * Hy, \quad (2)$$

где x,y – координаты точки (пиксела) изображения,

$$Hx = \begin{matrix} -1 & , & 0 & , & 1 \\ -1 & , & 0 & , & 1 \\ -1 & , & 0 & , & 1 \end{matrix} \quad \text{– маска горизонтального дифференцирования,}$$

$$Hy = \begin{matrix} -1 & , & -1 & , & -1 \\ 0 & , & 0 & , & 0 \\ -1 & , & -1 & , & -1 \end{matrix} \quad \text{– маска вертикального дифференцирования,}$$

* – оператор свертки,

$Gx(x,y)$ – изображение, продифференцированное по x ,

$Gy(x,y)$ – изображение, продифференцированное по y .

Бинарное контурное изображение получается следующим образом:

$$Ic(x,y) = 1, \text{ если } |Gx(x,y)| + |Gy(x,y)| > Thr, \quad (3)$$

$$Ic(x,y) = 0, \text{ если } |Gx(x,y)| + |Gy(x,y)| \leq Thr,$$

где Thr – порог.

Эталонное изображение также переводится в контурное.

На рис. 6 изображен эталон промышленного здания, подлежащего распознаванию. Эталон представлен в виде полутонового (слева) и контурного (справа) изображений.



Рис. 6. Полутоновой эталон. Контурный эталон

3. Дистантный алгоритм распознавания контурных силуэтов. Метод измерения сходства контурных изображений заключается в том, что одно из них, например, текущее преобразуется в полутоновое, где все пикселы имеют численные значения, равные дистанции до ближайшего контурного пиксела [1, 3]. В дальнейшем такое изображение будет именоваться “дистантным”. Процесс сопоставления и вычисления меры сходства контурного эталона с текущим, преобразованном в дистантное изображение объекта, сводится к процедуре вычисления

локальной суммы N_i пикселей дистантного изображения, “накрытых” контурными пикселями эталонного изображения.

Для реализации алгоритма распознавания производится поиск минимума $N_i \min$ при вариации положения текущего эталонного контура на дистантном изображении. Минимальный минимум для перебора всего эталонного множества дает класс и точное положение исследуемого объекта.

4. Корреляционный алгоритм распознавания. Корреляционный алгоритм автоматического распознавания в качестве текущего и эталонного изображений использует их нормированные полутоновые представления.

5. Комбинированный алгоритм распознавания. Комбинированный алгоритм автоматического распознавания целей работает следующим образом. На первом цикле распознавания текущее изображение переводится в дистантную форму (п. 3) и по нему осуществляется сканирование контурным эталоном. Для каждой точки x, y положения строка анализа с контурным эталоном рассчитывается численное значение локальной суммы N_i (дистанция, т.е. сумма значений пикселей дистантного изображения, “накрытых” контурными пикселями эталонного изображения).

В конце прохода по всему изображению вычисляется среднее значение “дистанции” $N_{ср}$.

На текущем полутоновом изображении помечаются только те точки (см. рис. 5), для которых значения локальных дистанций меньше порога, задаваемого как:

$$N_{пор} = N_{ср} * K, \quad (9)$$

где K – коэффициент.

На рис. 7 серым цветом выделена область, не удовлетворяющая условию (9).

$$N_i(x, y) \geq N_{пор}. \quad (10)$$

По оставшимся точкам, где (9) справедливо, работает корреляционный алгоритм (см. п. 4) и в тех точках анализа, где $R(m, n) > R_{согг}$, где $R_{согг}$ заданный порог, ищется положение максимума, который и определит положение распознаваемой цели.

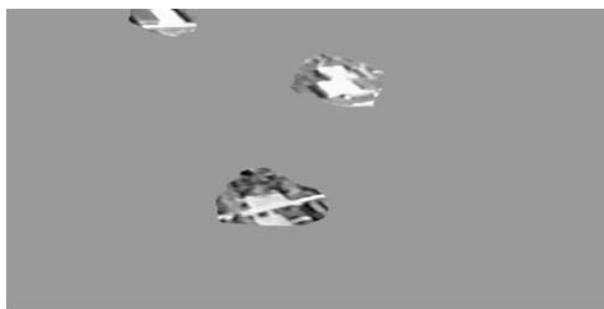


Рис. 7. Результат работы дистантного алгоритма

Выводы. Для разработанных алгоритмов было спроектировано ПО для компьютера на языке C++, проведено статистическое моделирование и получены достоверные численные оценки эффективности (вероятность правильного обнаружения – P_r и вероятность ложных тревог – $P_{лт}$).

Так, при применении комбинированного алгоритма распознавания наземных урбанистических целей были получены численные оценки: $P_r > 0,95$; $P_{лт} < 0,01$.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Hong-Chih Liu, Mandiam D. Srinath.* Partial Shape Classification Using Contour Matching in Distance Transformation. IEEE Trans on PAMI 1990. – Vol. 12. – № 11. – P. 1072-1079.
2. *Важинский В.Н., Иванова Е.Е., Тетерин В.В.* Структурный метод распознавания частично искаженных контурных изображений. Оптический Журнал. – 1996. – № 8. – С. 37-42.
3. *Borgefors G.* // Computer Vision Graphics and Image Processing. – 1984. – Vol. 34. – P. 334-371.

Павлова Валерия Анатольевна

"Научно-производственная корпорация "Государственный оптический институт им. С.И. Вавилова".

E-mail: leader@soi.ru, vapavlova-goi@mail.ru.

199034, г. Санкт-Петербург, Биржевая линия, 12.

Тел.: 88123317555; тел./факс: 88123285691.

Крюков Сергей Николаевич

Каркаева Регина Камалутиновна

Созинова Мария Владимировна

Pavlova Valeriya Anatol'evna

Research assistant of S.I. Vavilov State Optical Institute.

E-mail: leader@soi.ru, vapavlova-goi@mail.ru.

12, Birzhevaya linya, Saint Petersburg, 199034, Russia.

Phone: 88123317555; phone/fax: 88123285691.

Krjukov Sergey Tikolaevich

Karkaeva Regina Kamalutinovna

Sozinova Maria Vladimirovna

УДК 550.837.6

Е.В. Каршаков, Б.В. Павлов

**НАВИГАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗАДАЧИ ИЗМЕРЕНИЯ
ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ НА БОРТУ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**

Доклад посвящен обзору навигационных задач, решаемых для обеспечения точности измерений магнитного, гравитационного, электромагнитного полей на борту летательного аппарата-носителя. В каждом из рассмотренных случаев определение навигационных параметров позволяет компенсировать паразитную составляющую измерений, связанную с движением носителя.

Навигация; аэромагнитометрия; аэрогравиметрия; аэроэлектроразведка.

E.V. Karshakov, B.V. Pavlov

**NAVIGATIONAL SUPPORT OF THE AIRBORNE PHYSICAL FIELDS
MEASUREMENTS**

The report gives a review of navigation tasks which are solved to provide accurate measurements in airborne magnetics, gravimetry and electromagnetics. In each case navigation solution allows compensating of noise that appears during the aircraft motion.

Navigation; airborne magnetics; airborne gravimetry; airborne electromagnetics.