УДК 621.391.268

АЛГОРИТМ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ КОНЕЧНЫХ РАЗМЕРОВ НА ИЗОБРАЖЕНИЯХ

Кохан Л.Л.

Институт прикладной физики НАН Беларуси, Минск, Республика Беларусь

Пассивные оптико-электронные системы (ОЭС) видимого и инфракрасного диапазонов с матричными фотоприемниками находят применение в наземных комплексах наблюдения и управления движением воздушных объектов [1, 2]. Они подразделяются на системы смотрящего типа [3] и обзорно-поисковые [4].

В настоящей работе рассматривается задача внутрикадрового обнаружения в обзорных ОЭС. Исходя из способа получения информации технология ее решения в реальном времени основывается на принципе «скользящего окна», согласованном с текущим положением линейного детектора изображения. Поскольку ОЭС должна решать задачи обнаружения как пространственно-разрешенных точечных, так и объектов конечных размеров, используется процедура поточечного обнаружения сигналов с последующим формированием изображений объектов на этапе кластеризации. Объекты конечных размеров на выходе матричного детектора образуют многоточечные изображения.

Решается задача обнаружения объекта конечных размеров на изображении, содержащем сигналы объекта, фона и шумы фотоприемника в виде гауссового случайного белого поля с известной дисперсией. Учитывается предварительная обработка изображения пространственным фильтром, подавляющим фон в окрестностях изображения объекта. Предполагается, что в апертуре фильтра могут находиться сигналы от нескольких точек изображения объекта. Обнаружение производится путем обработки каждого элемента выходного изображения фильтра в отдельности. Задача решается методом максимального правдоподобия в предположении статистической неопределенности характеристик амплитуд сигналов объекта.

Положим, что фильтр охватывает S_Φ элементов изображения. Проведем их последовательную нумерацию и первым номером обозначим центральную точку фильтра, а для остальных элементов нумерация произвольная. Сигнал на выходе i-го элемента ($i = 1,2,...,S_\Phi$) внутри апертуры фильтра обозначим через x_i. Тогда выходной сигнал y может быть представлен уравнениями

$$y = \sum_{i=1}^{S_\Phi} h_i x_i = \sum_{i=1}^{S_\Phi} h_i \left(q_i + v_i + w_i\right),\ q_i = u_i - v_i; \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^{S} h_i = 0, \qquad h_1 = 1, (2)$$

где h_i – весовые коэффициенты фильтра; h_1 – весовой коэффициент центральной точки фильтра; v_i – сигналы фона; w_i – шумовые сигналы фотоприемника; u_i – амплитуды сигналов объекта; q_i – разность между амплитудами сигналов объекта и фона. Условия (2) обеспечивают подавление постоянной составляющей фона [5, 6]. Введем обозначения для векторов, коэффициентов и сигналов, входящих в уравнение (1):

$$\boldsymbol{x} = \left[x_1, x_2, ..., x_{S_\Phi}\right]^T; \boldsymbol{q} = \left[q_1, q_2, ..., q_{S_\Phi}\right]^T;$$
$$\boldsymbol{v} = \left[v_1, v_2, ..., v_{S_\Phi}\right]^T; \quad (3)$$
$$\boldsymbol{w} = \left[w_1, w_2, ..., w_{S_\Phi}\right]^T; \boldsymbol{h} = \left[h_1, h_2, ..., h_{S_\Phi}\right]^T.$$

В итоге уравнение (1) в векторной форме записывается следующим образом:

$$\boldsymbol{x} = \boldsymbol{q} + \boldsymbol{v} + \boldsymbol{w}; \quad (4)$$

$$y = \boldsymbol{h}^T \boldsymbol{x}. \quad (5)$$

Алгоритм обнаружения находится в предположении того, что характеристики вектора $\boldsymbol{q}$ статистически не определены, т. е. неизвестны его размерность, положения точек и значения их амплитуд. Считаем, что коэффициенты фильтра удовлетворяют условиям (2) и фон в пределах его апертуры полностью подавляется. В результате вектор $\boldsymbol{v}$ в уравнении (4) можно полагать равным нулю. Шум фотоприемника $\boldsymbol{w}$ считаем статистически однородным белым гауссовым шумом с нулевым математическим ожиданием и известной дисперсией σ^2, что допустимо из-за возможности проведения ее предварительных экспериментальных измерений. Вектор коэффициентов фильтра $\boldsymbol{h}$ является заданным. При сделанных предположениях задача может быть решена методом максимального правдоподобия на основе методики, изложенной в [7].

В соответствии с известным положением теории обнаружения алгоритм обнаружения определяется формулой

$$z = \frac{y^2}{2a\sigma^2} > \mu, \quad (6)$$

где μ – порог обнаружения.

Вероятность правильного обнаружения D полезного сигнала в элементе изображения определяется формулой

$$D = \int_{\mu}^{\infty} p(z \mid y)\, dz. \quad (7)$$

График зависимости этой вероятности от порога μ при различных отношениях квадрата амплитуды выходного сигнала к дисперсии шума на выходе фильтра $\rho = y^2 / a\sigma^2$ показан на рис. 1.

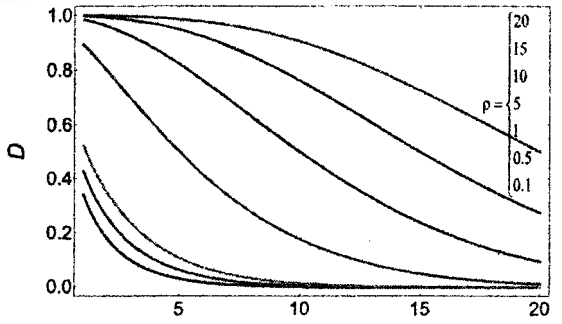

Рисунок 1. Графики зависимости вероятности правильного обнаружения от величины порога μ

В отличие от случая полной априорной определенности, когда вероятность правильного обнаружения зависит от отношения сигнала к шумам, в рассматриваемой задаче она зависит от текущего значения выходного сигнала фильтра y и выражается через параметр ρ. Таким образом, эта вероятность меняется от одного элемента изображения к другому и характеризует текущее качество их обнаружения.

Вероятность ложных тревог F определяется при условии отсутствия полезного сигнала $q = 0$. Для этого случая находится функция ПРВ сигнала z:

$$p(z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi z}} \exp\left(-\frac{z}{2}\right).$$

Вероятность ложных тревог определяется интегралом

$$F = \int_{\mu}^{\infty} p(z)\,dz. \quad (8)$$

График функции вероятности ложных тревог показан на рис. 2.

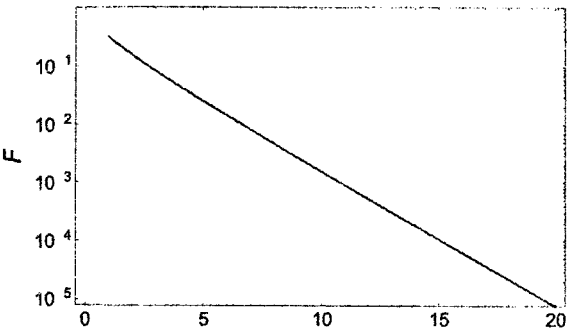

Рисунок 2. Графики зависимости вероятности ложных тревог от величины порога μ

1. Методы автоматического обнаружения и сопровождения объектов. Обработка изображений и управление / Б.А. Алпатов [и др.]. – М. : Радиотехника, 2008. – 176 с.
2. Third generation imaging sensor system concepts / D.A. Rengo [et al.] // SPIE Proc. – 1999. – Vol. 3701. – P. 108–117.
3. Тарасов, В.В. Инфракрасные системы «смотрящего типа» / В.В. Тарасов, Ю.Г. Якушенков. – М. : Логос, 2004. – 444 с.
4. Госсорг, Ж. Инфракрасная термография / Ж. Госсорг. – М. : Мир, 1988. – 399 с.
5. Image pre-processing algorithms for detection of small/point airborne targets / H.B. Srivastava [et al.] // Defense Science Journal. – 2009. – Vol. 59, № 2. – P. 166–174.
6. Prewitt, J. Object enhancement and extraction / J. Prewitt // In Picture Processing and Psychopictories / B. Liphin, A. Rosenfeld eds. – N.Y. : Academic Press, 1970. – P. 77–149.
7. Репин, В.Г. Статистический синтез при априорной неопределенности и адаптация информационных систем / В.Г. Репин, Г.П. Тартаковский. – М. : Сов. радио, 1977. – 432 с.

УДК 621.382.019

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СПЕКТРОВ ИЗЛУЧЕНИЯ INGAN/GAN-ДИОДОВ

[1]Доманевский Д.С., Красовский В.В., Бобученко Д.С., Манего С.А., [2]Мудрый А.В.

[1]Белорусский национальный технический университет
Минск, Республика Беларусь
[2]Государственное научно-практическое объединение «Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению», Минск, Республика Беларусь

Исследованы спектры излучения синих и зеленых светоизлучающих диодов (СИД) фирмы OptoTech (Тайвань) при T=300К и T=77К и постоянных токах возбуждения J = 3, 10 и 100 мА.

В спектрах обнаружен ряд особенностей:

При переходе от T=300К к T=77К наблюдается сдвиг полосы излучения в низкоэнергетическую область (рис. 1). Сдвиг составляет для зеленых СИД 53 мэВ (J = 3 мА), а для синих – 28 мэВ. У зеленых светодиодов наблюдается также синий сдвиг для T=77К с ростом тока от 10 мА до 100 мА, равный 12 мэВ. При T=300К у зеленых и обеих температурах у синих светодиодов такой сдвиг не наблюдается.

Аномальный сдвиг полосы излучения СД по сравнению с уширением запрещенной зоны при T=77К может быть связан с эффектами пьезоэлектрического поля, возникающего на границе слоев