

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

Доросинский Л.Г., Будылдина Н.В., Сухоев А.П. Инварианты для классификации радиолокационных изображений // Материалы по итогам VI –ой Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы современности: взгляд молодых исследователей», 10 – 20 мая 2018 г. – 0,2 п. л. – URL: http://akademnova.ru/publications_on_the_results_of_the_conferences

СЕКЦИЯ: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Доросинский Л.Г.,
Будылдина Н.В.,
Сухоев А.П.,
УрТИСИ СибГУТИ
г. Екатеринбург, Свердловская область,
Российская Федерация

Инварианты для классификации радиолокационных изображений

Получены формулы критерия классификации радиолокационных изображений, полученных в РЛС с синтезированной апертурой, инвариантных к смещению изображения объектов и их вращению относительно центра.

В работе [1] для классификации радиолокационных изображений (РЛИ), полученных в РЛС с синтезированной апертурой, было предложено использовать вектор признаков, в качестве компонентов которого являются достаточные статистические данные, соответствующие каждому из распознанных классов. В данном методе не учитывается ряд существенных признаков, возникающих при формировании реальных РЛИ, полученных от объектов с неизвестными параметрами их линейного перемещения и вращения относительно центра тяжести. В работе предложены характеристики радиолокационных изображений, инвариантные к вращению объекта и сдвигу его центра. Эти характеристики строятся на основе моментов [2].

Известно [3], что радиальная составляющая скорости движения точки объекта (V_r) приводит к смещению ее изображения, образованного в РЛС, на величину, пропорциональную этой радиальной скорости. При этом остается неизменной форма отклика системы обработки на сигнал (импульсная характеристика системы), отраженного от этой точки сигнала.

Для точек пространственно-распределенного объекта при его вращении относительно центра можно записать: $V_r = x\omega$, где x - азимутальная координата точки, начинающейся от центра вращения объекта, ω - угловая скорость вращения [4].

Следовательно, сдвиг изображения точек цели будет пропорционален их x - координате. Изображение всего объекта будет растягиваться или сжиматься по азимуту в зависимости от направления скорости вращения.

Выражение для двумерного изображения имеет вид [4]:

$$f(x, y) = \int A_k(\xi, y) D(x - \beta\xi) d\xi + n(x, y) \quad (1)$$

где $A_k(x, y)$ - распределение комплексного коэффициента отражения объекта k -го класса по координатам x и y ; $D(x)$ – импульсная характеристика устройства обработки, имеющие вид $\sin x/x$; $\beta=1+2\omega$ - коэффициент, учитывающий вращение объекта; $n(x, y)$ – нормальный шум.

Найдём зависимость между моментами искаженных (1) и неискаженных изображений, рассматривая только сигнальную составляющую в (1). Формула для неискаженного изображения, полученная в этом случае при подстановке в (1) значения $\beta=1(\omega=0)$:

Всероссийское СМИ

«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: akademnova.ru

e-mail: akademnova@mail.ru

$$\Phi_0(x, y) = \int A_k(\xi, y) D(x - \xi) d\xi \quad (2)$$

Моменты являются коэффициентами декомпозиции в ряд Тейлора двумерного спектра Фурье изображения, т. е.

$$S(u, v) = \sum_{p=0}^{\infty} \sum_{q=0}^{\infty} m_{pq} \frac{(iu)^p}{p!} \frac{(iv)^q}{q!} \quad (3)$$

где

$$S(u, v) = \iint \Phi(x, y) \exp[-i(ux + vy)] dx dy \quad (4)$$

спектр изображения;

$$m_{pq} = \iint x^p y^q \Phi(x, y) dx dy \quad (5)$$

момент изображения порядка $p+q$.

Нетрудно заметить, что

$$m_{pq} = (-1)^{p+q} \frac{\partial^{(p+q)}}{(\partial u)^p (\partial v)^q} [S(u, v)]_{v=u=0} \quad (6)$$

Формула для спектра неискаженного изображения (2) может быть записана следующим образом

$$S_0(u, v) = \iint \Phi_0(x, y) \exp[-i(ux + vy)] dx dy = S_A(u, v) S_D(u), \quad (7)$$

где $S_A(u, v) = \iint A_k(x, y) \exp[-i(ux + vy)] dx dy$, $S_D(u) = \int D(x) \exp[-iux] dx$.

Аналогично для искажённого изображения ($\beta \neq 1$) получаем

$$S_0(u, v) = S_A(\beta u, v) S_D(u). \quad (8)$$

Так как функция $D(x)$ имеет вид $\sin x/x$, ее спектр $S_D(u)$ имеет прямоугольную форму. Следовательно, при определении частных производных в (6) можно предположить, что $S_D(u) = \text{const}$.

Применив замену переменных $\phi = \beta u$ и очевидное равенство

$$(\partial u)^p = \left(\frac{1}{\beta}\right)^p (\partial \phi)^p, \text{ получаем следующее тождество}$$

$$\frac{\partial^{(p+q)}}{(\partial u)^p (\partial v)^q} [S(u, v)]_{u=v=0} = \beta^p \frac{\partial^{(p+q)}}{(\partial \phi)^p (\partial v)^q} [S_0(\phi, v)]_{\phi=v=0} \quad (9)$$

Из (9) и (6) следует:

$$m_{pq} = \beta^p m_{pq}^0, \quad (10)$$

где $m_{pq}^0 = \iint x^p y^q \Phi_0(x, y) dx dy$ - момент неискажённого изображения порядка $p+q$.

При $p=1$ из формулы (10) получим $\beta = \left(\frac{m_{1q}}{m_{1q}^0} \right)^{1/p}$.

Формула (10) изменяется и имеет вид:

$$m_{pq} = \left(\frac{m_{1q}}{m_{1q}^0} \right)^p m_{1q}^0, \quad (11)$$

Из этого следует тождество:

$$\frac{m_{pq}}{(m_{1q})^p} = \frac{m_{pq}^0}{(m_{1q}^0)^p}, \quad (12)$$

которое свидетельствует, что отношение $\frac{m_{pq}}{(m_{1q})^p}$ не зависит от скорости вращения наблюдаемого объекта.

Таким образом, характеристики $I_{pq} = \frac{m_{pq}}{(m_{1q})^p}$ могут быть использованы в качестве инвариантов к специфическому искажению РЛИ, полученному в РЛС и вызванному вращением наблюдаемого объекта. Следует заметить, что моменты (5) обладают существенным недостатком, препятствующим их использованию, а именно: они не инвариантны к смещению объекта, его центра тяжести. С этой точки зрения, предпочтение следует отдавать центральным моментам РЛИ:

$$\mu_{pq} = \iint (x - x_0)^p (y - y_0)^q \Phi(x, y) dx dy, \quad (13)$$

где $x_0 = \frac{m_{10}}{m_{00}}$ и $y_0 = \frac{m_{01}}{m_{00}}$ - координаты центра тяжести РЛИ.

Применив известное соотношение $(a - b)^n = \sum_{k=0}^n C_n^k (-b)^k (a)^{n-k}$, можно получить зависимость между моментами (5) и (13)

$$\mu_{pq} = \sum_{n=0}^p \sum_{k=0}^q C_p^n C_q^k (-1)^{n+k} \frac{(m_{10})^n (m_{01})^k}{(m_{00})^{n+k}} m_{p-n, q-k}. \quad (14)$$

Выражая все моменты в правой части (14) по формуле (10), получаем:

$$\mu_{pq} = \beta^p \mu_{pq}^0, \quad (15)$$

где: $\mu_{pq}^0 = \iint (x - x_0^0)^p (y - y_0^0)^q \Phi(x, y) dx dy$ - центральные моменты неискажённого изображения, $x_0^0 = \frac{m_{10}^0}{m_{00}^0}$; $y_0^0 = \frac{m_{01}^0}{m_{00}^0}$, - нормированные координаты центра тяжести.

Выражение (15) полностью идентично выражению (10). Из этого следует, что отношение

$$M_{pq} = \frac{M_{pq}}{(\mu_{1q})^p} \quad (16)$$

может быть использована как классификационная характеристика, инвариантного как к смещению объекта относительно центра РЛИ, так и к специфическому искажению, вызванному вращением объекта.

Список использованной литературы:

1. Dorosinskiy L.G. Synthesis and analysis of Radar signal classification algorithms/ International Journal of Pure and Applied Mathematics. Volume 109 No. 3 2016/ с/681-689
2. Ху М.К. Опознавание фигур при помощи инвариантных соотношений между моментами. – ТИИЭР, 1961, - № 9.
3. Буренин Н.И. Радиолокационные станции с синтезированной антенной. –М., 1972. – с. 160.
4. Доросинский Л.Г. Признаки классификации изображений и анализ эффективности их использования с помощью статистического моделирования / журнал – Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета, 2009.

Опубликовано: 16.05.2018 г.

© Академия педагогических идей «Новация», 2018

© Доросинский Л.Г., Бudyлдина Н.В., Сухоев А.П., 2018