УДК 535.317.2 : 681.332

Е. С. НЕЖЕВЕНКО, О. И. ПОТАТУРКИН
(Новосибирск)

РЕАЛИЗАЦИЯ ДИСПЕРСИОННОГО АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ СРЕДСТВАМИ КОГЕРЕНТНОЙ ОПТИКИ

При распознавании изображений оптическими методами приходится искать компромисс между желанием реализовать более сложное решающее правило, обеспечивающее высокую эффективность процесса распознавания, и возможностями оптических систем, ограниченными параллельностью вычисления решающей функции. Так, рассмотренные в [1] линейные решающие правила не дают хороших результатов для распознаваемых изображений (РИ) на переменном негауссовом фоне. В работе [2] показано, что лучшие результаты в этом случае дают непараметрические (ранговый, знаковый) критерии, а также нелинейные параметрические алгоритмы, основанные на сравнении нормальной и тангенциальной к контурам РИ дисперсий амплитудного пропускания фотоснимка. Однако в настоящее время не представляется возможной реализация в параллельном варианте непараметрических алгоритмов распознавания. Поэтому в данной работе рассмотрена возможность реализации в когерентной оптике второго вида оптимальных алгоритмов — нелинейных параметрических. Вычисление решающей функции при этом проводится параллельно для всевозможных положений РИ в поле наблюдения, что обеспечивает высокое быстродействие системы распознавания.

Можно показать, что в предположении нормального многомодального закона распределения амплитуды вдоль внешнего и внутреннего контуров и статистически независимого шума выборочная функция определяется выражением

$$T^2 = \frac{1}{2} + \frac{1}{S_0}\,\frac{\sum\limits_{i=1}^{N}\left(\bar{m}_i^{(1)} - \bar{m}_i^{(2)}\right)^2}{\bar{D}^{(1)} + \bar{D}^{(2)}} = \frac{R_n(\Delta)}{R_t^{(1)}(\Delta) + R_t^{(2)}(\Delta)},$$

где $R_n(\Delta) = \sum\limits_{i=1}^{N} S_0 E\left[\left(f_i^{(1)}(s) - f_i^{(2)}(s)\right)^2\right]$

— нормальная интегральная дисперсия;

$$R_t^{(1),(2)}(\Delta) = \sum_{i=1}^{N} S_0 E\left[\left(f_i^{(1),(2)}(s) - f_i^{(1),(2)}(s+\Delta)\right)^2\right]$$

— тангенциальная интегральная дисперсия. (Заметим, что здесь и далее используются обозначения, принятые в [1]). Решающее правило в этом случае имеет вид

$$\left.\begin{aligned} &\frac{R_n(\Delta)}{R_t^{(1)}(\Delta) + R_t^{(2)}(\Delta)} \leqslant 0{,}5 + \frac{1}{S_0} F_\alpha(N, \infty) - \text{РИ отсутствует;} \\ &\frac{R_n(\Delta)}{R_t^{(1)}(\Delta) + R_t^{(2)}(\Delta)} > 0{,}5 + \frac{1}{S_0} F_\alpha(N, \infty) - \text{РИ присутствует.} \end{aligned}\right\} \qquad (1)$$

Для реализации такого решающего правила предлагается когерентно-оптическая система, состоящая из двух последовательных оптических систем L_1 и L_2, на входе каждой из которых расположен распознаваемый фотоснимок с амплитудным пропусканием $\bar{f}(s, n)$; здесь (s, n) — прямоугольная система координат, связанная с границей РИ таким образом, что начало координат лежит на границе РИ, ордината направлена по нормали к ней, а абсцисса совпадает с касательной к границе.

Система L_1 имеет импульсный отклик

$$h_1(s, n) = \delta\left(\sqrt{s^2 + n^2}\right) - \frac{1}{c_1}\,\delta\left[\sqrt{(s - \Delta_{1s})^2 + (n - \Delta_{1n})^2}\right],$$

где

$$\Delta_1^2 = \Delta_{1s}^2 + \Delta_{1n}^2; \quad c_1 = \iint\limits_{-\Delta_1}^{\Delta_1} \delta\left[\sqrt{(s - \Delta_{1s})^2 + (n - \Delta_{1n})^2}\right] ds\,dn.$$

Смысл нормировки на c_1 заключается в том, что при равномерном входе выход L_1 будет всюду равен 0.

На выходе L_1 получаем

$$g_1(s_1, n_1) = \bar{f}(s_1, n_1) * h_1(s_1, n_1) = \bar{f}(s_1, n_1) - m(s_1\, n_1;\ \Delta_1).$$

Поскольку математическое ожидание зависит от s_1, n_1, оно меняется при переходе от одной области к другой, так как импульсный отклик системы L_2 определяется

$$h_2(s,\ n)=\delta(n-\Delta/2)+\delta(n+\Delta/2),$$

на выходе всей системы (L_1, L_2) в точках, проективно сопряженных с центрами исследуемых фрагментов, в предположении $\Delta_1<\Delta/2$ получаем

$$g=\int_{s_1}\int_{n_1}\tilde{f}(s_1,n_1)\left[\tilde{f}(s_1,n_1)-m(s_1,n_1;\Delta_1)\right][\delta(n_1-\Delta/2)+$$
$$+\delta(n_1+\Delta/2)]\,ds_1dn_1=\int_{s_1}\left[\tilde{f}^2(s_1,\Delta/2)-\tilde{f}(s_1,\Delta/2)\,m^{(1)}(s_1,\Delta/2)+\right.$$
$$\left.+\tilde{f}^2(s_1,-\Delta/2)-\tilde{f}(s_1,-\Delta/2)\,m^{(2)}(s_1,-\Delta/2)\right]ds_1=$$
$$=\int_{s_1}\left\{\left[f^{(1)2}(s_1)-m^{(1)2}(s_1)+f^{(2)2}(s_1)-m^{(2)2}(s_1)\right]-\right.$$
$$\left.-\left[m^{(1)}(s_1)\,\varphi^{(1)}(s_1)+m^{(2)}(s_1)\,\varphi^{(2)}(s_1)\right]\right\}ds_1=\overline{D}^{(1)}+\overline{D}^{(2)}.$$

Для определения $R_n(\Delta)$ используем ту же систему, меняя лишь импульсный отклик L_1 на

$$h_1'(s,\ n)=\delta\left(\sqrt{s^2+n^2}\right)-\frac{1}{c}\,\delta\left[\sqrt{(s-\Delta_s)^2+(n-\Delta_n)^2}\right],$$

где $\Delta^2=\Delta_s^2+\Delta_n^2;\ c=\int\limits_{-\Delta}^{\Delta}\int\delta\left[\sqrt{(s-\Delta_s)^2+(n-\Delta_n)^2}\right]dsdn.$

Аналогично предыдущим выкладкам получаем на выходе всей системы

$$g=\int_{s_1}\int_{n_1}\tilde{f}(s_1,n_1)\left[\tilde{f}(s_1,n_1)-m(s_1,n_1;\Delta)\right][\delta(n_1-\Delta/2)+$$
$$+\delta(n_1+\Delta/2)]\,dn_1ds_1=\int_{s_1}\left\{\tilde{f}(s_1,\Delta/2)\left[\tilde{f}(s_1,\Delta/2)-km^{(2)}(s_1,\Delta/2)-\right.\right.$$
$$\left.-(1-k)\,m^{(1)}(s_1,\Delta/2)\right]+\tilde{f}(s_1,-\Delta/2)\left[\tilde{f}(s_1,-\Delta/2)-\right.$$
$$\left.\left.-km^{(1)}(s_1,-\Delta/2)-(1-k)\,m^{(2)}(s_1,-\Delta/2)\right]\right\}ds_1=\int_{s_1}\left\{\left[f^{(1)2}(s_1)-\right.\right.$$
$$-m^{(1)2}(s_1)+km^{(1)2}(s_1)-km^{(1)}(s_1)\,m^{(2)}(s_1)+f^{(2)2}(s_1)-m^{(2)2}(s_1)-$$
$$\left.-km^{(2)}(s_1)\,m^{(1)}(s_1)+km^{(2)2}(s_1)\right]+\left[-m^{(1)}(s_1)\,\varphi^{(1)}(s_1)+\right.$$
$$+km^{(1)}(s_1)\,\varphi^{(1)}(s_1)-km^{(2)}(s_1)\,\varphi^{(1)}(s_1)-m^{(2)}(s_1)\,\varphi^{(2)}(s_1)+$$
$$\left.\left.+km^{(2)}(s_1)\,\varphi^{(2)}(s_1)-km^{(1)}(s_1)\,\varphi^{(2)}(s_1)\right]\right\}ds_1=\overline{D}^{(1)}+\overline{D}^{(2)}+$$
$$+k\int_{s_1}\left[m^{(1)}(s_1)-m^{(2)}(s_1)\right]^2ds_1=\overline{D}^{(1)}+\overline{D}^{(2)}+\frac{k}{s_0}\sum_{i=1}^{N}\left(\overline{m}_i^{(1)}-\overline{m}_i^{(2)}\right)^2,$$

где $k=\frac{1}{c}\int\limits_{\frac{\Delta}{2}}^{\Delta}\int\limits_{-\Delta}^{\Delta}\delta\left[\sqrt{(s-\Delta_s)^2+(n-\Delta_n)^2}\right]dsdn.$

Таким образом, в когерентно-оптической системе, состоящей из двух последовательных линейных оптических систем L_1 и L_2 с приведенными выше импульсными откликами, возможна реализация решающего правила (1).

ЛИТЕРАТУРА

1. **Козлов О. А., Нежевенко Е. С., Потатуркин О. И.** Распознавание изображений в когерентно-оптических системах с применением контурных эталонов.— «Автометрия», 1976, № 6.
2. **Давыдов В. Т., Потатуркин О. И.** Сравнительный анализ алгоритмов распознавания изображений.— «Автометрия», 1979, № 4.

Поступило в редакцию 25 июля 1978 г.