

В. Г. ВОЛЧКОВ, И. Н. КОМПАНЕЦ, С. К. ЛИ,
 Б. Г. МАРШАЛКО, В. Н. МОРОЗОВ, Л. Б. ОЧИНА,
 А. В. ПАРФЕНОВ, С. А. ПОПОВ, В. Б. СМОЛОВ
 (Ленинград)

ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ АНАЛОГО-ЦИФРОВЫЕ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ И ВЫЧИСЛЕНИЯ В ОПТОЭЛЕКТРОННЫХ УСТРОЙСТВАХ

В ряде практических задач возникает необходимость пространственного преобразования по углу, координатам, масштабам и др., аналого-цифрового преобразования картин с большой производительностью, определения глобальных экстремумов и т. д.

Существующие способы решения таких задач* основаны на принципе последовательных вычислений, при этом информация считывается с входной плоскости изображения путем сканирования. Естественно, такие способы не обеспечивают высокой производительности, а это приводит к невозможности использования этих способов в тех случаях, когда входное изображение имеет высокую скорость изменения картин. Для увеличения скорости преобразований и вычисления нужно использовать способы многоканального параллельного преобразования и вычисления.

Многоканальные преобразования и вычисления возможны в случае использования оптоэлектронных оптически управляемых транспарантов, сочетающих преимущества электроники и оптики. Эти транспаранты подразделяются на два вида: дискретные и аналоговые.

Дискретные оптически управляемые транспаранты реализуют выражение

$$P(x_I, y_J) = \begin{cases} 0 & \text{при } S_0(x_I, y_J) < c_0; \\ 1 & \text{при } S_0(x_I, y_J) \geq c_0, \end{cases}$$

где $S_0(x_I, y_J)$ — входное изображение в пространстве $x_1, x_2, \dots, x_I, \dots, x_N; y_1, y_2, \dots, y_J, \dots, y_M$; $N \times M$ — размер входного изображения; $P(x_I, y_J)$ — бинарное выходное изображение, причем 1 соответствует наличию (отсутствию) светового пучка определенной интенсивности r_0 , а 0 — отсутствию (наличию) светового пучка r_0 ; c_0 — пороговый световой уровень интенсивности.

Условие в этом выражении выполняется в реальных транспарантах достаточно легко, независимо от разбросов параметров бинарных элементов, так как величина c_0 достаточно мала.

Аналоговые оптически управляемые транспаранты, предназначенные для аналого-цифрового преобразования, реализуют выражение

$$Q(x_I, y_J) = \begin{cases} k(x_I, y_J) [S_0(x_I, y_J) - c(x_I, y_J)] & \text{при } S_0(x_I, y_J) > c(x_I, y_J); \\ 0 & \text{при } S_0(x_I, y_J) \leq c(x_I, y_J) \end{cases}$$

или

$$G(x_I, y_J) = \begin{cases} k(x_I, y_J) S(x_I, y_J) & \text{при } S_0(x_I, y_J) \leq c(x_I, y_J); \\ 0 & \text{при } S_0(x_I, y_J) > c(x_I, y_J), \end{cases}$$

где $c(x_I, y_J)$ — вычитаемое изображение; $k(x_I, y_J)$ — коэффициент усиления.

Реализация этих выражений с достаточно большой точностью ($5 \cdot 10^{-3}$) в пространстве возможна, если применить усилители с отрицательной обратной связью. При этом требование к точности изготовления будет предъявляться только к элементам обратной связи.

На базе использования этих оптически управляемых транспарантов можно выполнять следующие операции.

1. Многоканальное аналого-цифровое преобразование, для которого достаточно выполнения операций объединения вида

$$S_{i+1}(x_I, y_J) = Q_i(x_I, y_J) \cup G_i(x_I, y_J),$$

* Колюхов Н. Е., Плют А. А., Шаповалов В. М. Оптоэлектронные измерительные преобразователи. Л., «Энергия», 1977.

где $i=0, 1, 2, \dots, n$; n — число разрядов преобразованных двоичных чисел, при этом для каждого i -го разряда вычитаемое изображение $c_i(x_I, y_J)$ должно быть постоянным, т. е. $c_i(x_I, y_J) = c = \text{const}$, и для всех разрядов должны быть выполнены равенства

$$c_1 = S_0(x_I, y_J)_{\max}/2; \quad c_2 = c_1/2, \dots, \quad c_n = c_{n-1}/2.$$

В этом случае преобразованные двоичные числа $q_i(x_I, y_J)$ определяются равенством

$$q_i(x_I, y_J) = \begin{cases} 0 & \text{при } S_i(x_I, y_J) < c_i; \\ 1 & \text{при } S_i(x_I, y_J) \geq c_i. \end{cases}$$

2. Определение глобального максимума (минимума). Для нахождения глобального максимума достаточно реализовать выражение

$$S_{i+1}(x_I, y_J) = \begin{cases} Q_i(x_I, y_J) & \text{при } S_i(x_I, y_J)_{\max} > c_i; \\ S_i(x_I, y_J) & \text{при } S_i(x_I, y_J)_{\max} \leq c_i. \end{cases} \quad (*)$$

Для определения глобального минимума в выражении (*) нужно поменять местами условия вычисления.

3. Пространственные преобразования по углу, координатам и масштабу могут быть произведены по некоторым признакам γ . Такими признаками будут, например, глобальные экстремумы, центр изображения, искусственные признаки и др.

Для пространственного преобразования изображения вначале с помощью транспарантов необходимо преобразовать аналоговую величину, характеризующую местонахождение признака γ в заданной плоскости, в цифровую в виде

$$q_i = \begin{cases} 0 & \text{при } \gamma_{l_i} \notin W_{l_i}; \\ 1 & \text{при } \gamma_{l_i} \in W_{l_i}, \end{cases}$$

где $l=1, 2, \dots, n$; n — число разновидных пространственных преобразований; W_{l_i} — множество единиц «1», образующее l -й вид областей в заданной плоскости для i -го разряда.

Множество единиц определяется равенством.

$$W_{l_i} = R_i(\rho_l) S^1$$

($R_i(\rho_l)$ — функция Радемахера по l -му аргументу ρ_l).

В зависимости от вида аргументов ρ_l множество W_{l_i} образует различные области, вид которых зависит от необходимости применения того или иного преобразования, как-то: угловые перемещения, изменения масштаба, перемещения в декартовых координатах и др. (см. рисунок, на котором показаны такие области при $i=1, 2, 3$). В этом случае для угловых перемещений $\rho_{1 \max} = 2^n = 2\pi$, для координатных — $\rho_{2 \max} = 2^n = x_{\max}$ (или y_{\max}) и для масштабных изменений $\rho_{3 \max} = 2^n = M_{\max}$, где M_{\max} — заданный масштаб. По найденным значениям $q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_n$ можно осуществить пространственные преобразования изображения в виде

$$S_{i+1} = \begin{cases} S_i & \text{при } q_i = 0; \\ S_i(\rho_l) & \text{при } q_i = 1. \end{cases}$$

Таким образом, на оптически управляемых транспарантах и на элементах геометрической оптики можно осуществлять многоканальные параллельные вычисления.

Поступило в редакцию 9 июня 1978 г.