

**И. В. Ж и м а е в** (Ставрополь, СГУ). **Моделирование обработки цифрового астрономического изображения посредством преобразования Уолша–Адамара.**

В результате операций дискретизации и квантования, проводимых структурой прибора с зарядовой связью (пространственная дискретизация и квантование через аналого-цифровой преобразователь), возникает составленная из вещественных чисел матрица размерности  $M \times N$ , которая является простейшим математическим представлением цифрового изображения:

$$\mathbf{f}(x, y) = \begin{pmatrix} f(0, 0) & \dots & f(0, N - 1) \\ \dots & \dots & \dots \\ f(M - 1, 0) & \dots & f(M - 1, N - 1) \end{pmatrix}. \quad (1)$$

Для астрономического изображения данная структура адекватно отражает сигнал вне зависимости от способа его получения. Уровни интенсивности изображения в любой точке представлены  $2^g$  градациями серого, где  $g$  — разрядность квантования сигнала.

Как указано в [1], двумерный сигнал (1) может быть представлен в форме одномерного вектора-столбца вида

$$\begin{aligned} \mathbf{Y}(a)^T &= [Y[0], Y[1], \dots, Y[MN - 1]] \\ &= [f(0, 0), f(1, 0), \dots, f(M - 1, 0), f(0, 1), f(1, 1), \dots, \\ &\quad f(M - 1, 1), f(0, N - 1), f(1, N - 1), \dots, f(M - 1, N - 1)]. \end{aligned} \quad (2)$$

Одномерное преобразование Уолша–Адамара (ПУА) вектора  $\mathbf{Y}(a)$  и обратная перестановка его компонентов аналогично (2) приводит к  $[B_{xx}(u, v)]$ . Это дает возможность использовать стандартные алгоритмы быстрых преобразований. Быстрое ПУА над вектором длины  $MN$  выполняется за  $\sim MN \log_2(MN)$  операций сложения и вычитания путем  $k = \log_2(MN)$  итераций. Преобразование на  $k$ -м шаге определяет взаимодействие  $2^k$  элементов вектора, полученного на шаге  $k - 1$ . При этом первые  $2^{k-1}$  элементов являются суммами элементов, отстоящих друг от друга на  $2^{k-1}$ , а вторые  $2^{k-1}$  элементов — разностями. Тогда обработка изображения в частотном пространстве осуществляется как  $Z(u, v) = H(u, v)[B_{xx}(u, v)]$ , где  $H(u, v)$  — передаточная функция фильтра,  $[B_{xx}(u, v)]$  — матрица коэффициентов быстрого ПУА. Осуществляя обратное быстрое ПУА над функцией  $Z(u, v)$ , получаем обработанное заданным фильтром  $H(u, v)$  изображение. Поскольку ПУА может быть вычислено для изображения размерами  $N = 2^n$ ,  $M = 2^m$ , матрица  $\mathbf{f}(x, y)$  разбивается на соответствующие блоки. Компьютерная реализация подобной модели показывает преимущество в скорости над быстрым преобразованием Фурье в  $\sim 6,7$  раза (в случае блоков  $8 \times 8$  точек). Кроме того, в быстром ПУА отсутствуют приближения и паразитные мнимые составляющие, характерные для быстрого дискретного преобразования Фурье.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Ахмед Н., Рао К. Р.* Ортогональные преобразования при обработке цифровых сигналов: Пер. с англ./ Под ред. И. Б. Фоменко. М.: Связь, 1980, 248 с.
2. *Гонсалес Р., Вудс Р.* Цифровая обработка изображений. М: Техносфера, 2005, 1072 с.