

УДК 621.327:681.5

В.В. Баранник, С.А. Сидченко

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

## АДАПТИВНОЕ ЧАСТОТНО-СПЕКТРАЛЬНОЕ МУЛЬТИАДИЧЕСКОЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ВИДЕОДАННЫХ

Разрабатывается метод адаптивного частотно-спектрального мультиадического представления видеоданных с учетом неравномерного уменьшения динамического диапазона и блокировки ошибки. Блокировка ошибок проводится за счет свойств самокоррекции и локализации ошибок мультиадических кодограмм. Метод обеспечивает дополнительное снижение времени обработки изображений и уменьшение величины среднеквадратического показателя погрешности восстановления в среднем в 1,5 – 2,5 раза в зависимости от степени насыщенности изображений и размеров мультиадического представления.

**Ключевые слова:** дискретное косинусное преобразование, мультиадические коды, цифровая обработка изображений, частотно-спектральное мультиадическое представление.

### Введение

**Постановка проблемы.** В [1, 2] авторами предложен метод цифровой обработки изображений (ЦОИ), основанный на формировании частотно-спектрального мультиадического (ЧСМ) представления данных, организованного на основе дискретного косинусного преобразования (ДКП) массивов мультиадических кодов (МК).

Данный метод позволяет сократить время обработки изображений. Однако, ему присущий недостаток, связанный с необходимостью повышения качества восстановления изображений. Поэтому **актуальной научной задачей** является минимизация среднеквадратического показателя погрешности (СКПП) для восстановленных изображений.

**Целью статьи** является разработка метода ЧСМ-представления видеоданных, обеспечивающего снижение СКПП для восстановленных изображений и блокировку распространения ошибок.

### Изложение основного материала

Для дополнительного снижения величины СКПП при фиксированном времени обработки и количестве разрядов на ЧСМ-представление необходимо организовать технологию блокировки величины ошибки и возможности ее распространения на другие восстанавливаемые элементы. Метод блокировки процесса распространения ошибок должен создаваться с одновременным учетом:

– значения величины погрешности в мультиадическом коде  $\varepsilon_j$  (экспериментальное значение для реалистических изображений равно  $\pm 1$ );

– для величины погрешности  $\varepsilon_j > 0$ :

$$\varepsilon_j = r_{m_M} - a_{m_M, j}, \quad (1)$$

где  $a_{m_M, j}$  – значение исходного элемента последней строки  $j$ -го столбца исходного массива изображения;  $r_{m_M}$  – максимальный элемент последней стро-

ки исходного массива увеличенный на 1;  $m_M$  – количество строк в массиве видеоданных (МВ), значение количества  $q_e$  элементов столбца МВ восстановленных с ошибкой равно  $q_e = m_M - \eta + 2$ , если дополнительно выполняются условия

$$a_{\xi j} = r_{\xi} - 1, \quad \xi = \eta, m_M - 1, \quad (2)$$

где  $a_{\xi j}$  – значение исходного элемента изображения;  $r_{\xi}$  – максимальный элемент  $\xi$ -й строки исходного массива увеличенный на 1;  $\eta$  – индекс первого элемента, восстановленного с ошибкой, в столбце;

– для величины погрешности  $\varepsilon_j < 0$

$$|\varepsilon_j| \geq a_{m_M, j} + 1 \text{ и } |a_{m_M, j} - \varepsilon_j| < r_{m_M}. \quad (3)$$

величина  $q_e$  равна  $q_e = m_M - \eta$ , если

$$a_{\xi j} = 0, \quad \xi = \eta, m_M - 1. \quad (4)$$

Поскольку абсолютная величина погрешности в МК равна  $|\varepsilon| = 1$ , то процесс размножения ошибок начинается с последнего элемента  $u_{m_M, j}^{\bullet}$  столбца МВ. Поэтому блокировку требуется проводить в младшем элементе мультиадического числа. Поскольку возможны две причины распространения ошибок (возникновения серии ошибок) и появления пикового выброса значения ошибки, то предлагается рассмотреть каждое из условий в отдельности.

Для исключения причины возникновения серии ошибок, заданной выражениями (3) и (4) предлагается увеличить минимальное значение элемента изображения на величину, равную  $|\varepsilon| = 1$ . Это приведет к тому, что минимальное значение в строке МВ будет равно 1, т.е.

$$u'_{m_M, j} = 1, \quad (5)$$

где  $u'_{m_M, j}$  – значение  $u_{m_M, j}$  после блокировки.

С учетом этого последние элементы исходной последовательности будут равны (наихудший вариант)

$$u'_{\xi j} = \begin{cases} 0, & \rightarrow \xi = \eta, m_M - 1; \\ 1, & \rightarrow \xi = m_M. \end{cases} \quad (6)$$

Проведем восстановление МК для условия (6) и  $\varepsilon_j = -1$ . Значение элемента  $u_{m_M, j}^{\bullet}$  будет равно

$$\begin{aligned} u_{m_M, j}^{\bullet} &= \left[ \sum_{\xi=1}^{m_M-1} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M} p_{\eta} + u'_{m_M, j} - \varepsilon_j \right] - \\ &- \left[ \sum_{\xi=1}^{m_M-1} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-1} p_{\eta} + \frac{(u'_{m_M, j} + \varepsilon_j)}{p_{m_M}} \right] p_{m_M} = \\ &= \left( \sum_{\xi=1}^{m_M-1} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M} p_{\eta} + u'_{m_M, j} - \varepsilon_j \right) - \\ &- \left( \sum_{\xi=1}^{m_M-1} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-1} p_{\eta} - 0 \right) p_{m_M} = u'_{m_M, j} - \varepsilon_j. \quad (7) \end{aligned}$$

Отсюда величина ошибки при восстановлении элемента  $u_{m_M, j}^{\bullet}$  равна  $e_{m_M, j} = -\varepsilon_j = 1$ . На основе условия (5) исходное значение  $u_{m_M, j}$  будет равно  $u_{m_M, j} = u'_{m_M, j} - 1 = 1 - 1 = 0$ . Значит, если элемент  $u_{m_M, j}$  был минимальным, т.е. равным 0, то он восстанавливается с нулевой погрешностью. Докажем, что размножения ошибок не происходит. Действительно

$$\begin{aligned} u_{m_M-1, j}^{\bullet} &= \left[ \sum_{\xi=1}^{m_M-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-1} p_{\eta} + u_{m_M-1, j} + \frac{u'_{m_M, j} - \varepsilon_j}{H_{m_M-1}} \right] - \\ &- \left[ \sum_{\xi=1}^{m_M-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-3} p_{\eta} + \frac{(u_{m_M-1, j} H_{m_M-1} + (u'_{m_M, j} - \varepsilon_j))}{p_{m_M-1} H_{m_M-1}} \right] p_{m_M-1} = \\ &= \sum_{\xi=1}^{m_M-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-1} p_{\eta} - 0 - \left( \sum_{\xi=1}^{m_M-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-3} p_{\eta} - 0 \right) p_{m_M-1} = \\ &= 0 = u_{m_M-1, j}. \end{aligned}$$

Рассмотрим теперь восстановление элемента  $u_{\eta-1, j}^{\bullet}$  (первый по старшинству элемент, для которого не выполняется условие (4)):

$$\begin{aligned} u_{\eta-1, j}^{\bullet} &= \left[ \sum_{\xi=1}^{\eta-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{\eta-1} p_{\eta} + u_{\eta-1, j} + \frac{\langle -\varepsilon_j \rangle + \sum_{\xi=\eta}^{m_M} u_{\xi j} H_{\xi}}{H_{\eta-1}} \right] - \\ &- \left[ \sum_{\xi=1}^{\eta-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{\eta-2} p_{\eta} + \frac{\langle -\varepsilon_j \rangle + \sum_{\xi=\eta-1}^{m_M} u_{\xi j} H_{\xi}}{p_{\eta-1} H_{\eta-1}} \right] p_{\eta-1}. \quad (8) \end{aligned}$$

Распишем сумму  $\left( -\varepsilon_j + \sum_{\xi=\eta}^{m_M} u_{\xi j} H_{\xi} \right)$  с учетом условий (6) и (4):

$$\begin{aligned} -\varepsilon_j + \sum_{\xi=\eta}^{m_M} u_{\xi j} H_{\xi} &= -\varepsilon_j + u'_{m_M, j} + \sum_{\xi=\eta}^{m_M-1} u_{\xi j} H_{\xi} = \\ &= 0 + \sum_{\xi=\eta}^{m_M-1} u_{\xi j} H_{\xi} = 0. \quad (9) \end{aligned}$$

По аналогии обосновывается, что

$$-\varepsilon_j + \sum_{\xi=\eta-1}^{m_M} u_{\xi j} H_{\xi} = u_{\eta-1, j} H_{\eta-1}. \quad (10)$$

С учетом соотношений (9), (10) и того, что  $(-\varepsilon_j + u'_{m_M, j})/H_{\eta-1} = 0$  формула (8) примет вид

$$\begin{aligned} u_{\eta-1, j}^{\bullet} &= \sum_{\xi=1}^{\eta-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{\eta-1} p_{\eta} + u_{\eta-1, j} - 0 - \\ &- \left( \sum_{\xi=1}^{\eta-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{\eta-2} p_{\eta} \right) p_{\eta-1} = u_{\eta-1, j}. \end{aligned}$$

Тогда максимальное значение величины  $q_e$  будет равно 1. Значит, блокировка обеспечивает не только запрет на размножение серии ошибок и локализацию ее величины в последнем элементе, но и самокоррекцию ошибки в случае равенства исходного значения 0. Для исключения причины возникновения серии ошибок, заданной выражениями (1) и (2) предлагается увеличить значение динамического диапазона на величину, равную  $|\varepsilon| = 1$ . Это приведет к тому, что основание элементов в последней строке МВ будет, как минимум на 2 превышать значения любого элемента в данной строке, т.е.

$$u_{m_M, j} \leq p'_{m_M} - 2, \text{ для } j = \overline{1, n}, \quad (11)$$

где  $p'_{m_M}$  – значение основания элементов  $m_M$ -й строки с учетом понижения динамического диапазона и блокировки ошибки

$$p'_{m_M} = p_{m_M} + |\varepsilon| = p_{m_M} + 1. \quad (12)$$

С учетом этого вектор динамических диапазонов МВ определяется как:

$$p_i = \begin{cases} r_i - z_i, & \rightarrow i = \overline{1, m_M - 1}; \\ p'_i, & \rightarrow i = m_M. \end{cases} \quad (13)$$

Проведем восстановление МК для условия (12) и  $\varepsilon_j = 1$ . Значение элемента  $u_{m_M, j}^{\bullet}$  будет равно

$$\begin{aligned} u_{m_M, j}^{\bullet} &= \sum_{\xi=1}^{m_M-1} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M} p_{\eta} + u_{m_M, j} + \varepsilon_j - \\ &- \left[ \sum_{\xi=1}^{m_M-1} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-1} p_{\eta} + \frac{(u_{m_M, j} + \varepsilon_j)}{p'_{m_M}} \right] p'_{m_M} = \\ &= \sum_{\xi=1}^{m_M-1} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M} p_{\eta} + (u_{m_M, j} + 1) - \\ &- \left( \sum_{\xi=1}^{m_M-1} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-1} p_{\eta} \right) p'_{m_M} = u_{m_M, j} + 1. \end{aligned}$$

Отсюда ошибка  $e_{m_M, j}$  восстановления равна

$$e_{m_M, j} = 1. \quad (14)$$

Величина  $u_{m_M-1, j}^\bullet$  для условий (12) и (2) и учитывая, что  $H_{m_M-1} = p'_{m_M}$  равна

$$u_{m_M-1, j}^\bullet = \left[ \sum_{\xi=1}^{m_M-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-1} p_{\eta} + u_{m_M-1, j} + \frac{\varepsilon_j + u_{m_M, j}}{H_{m_M-1}} \right] - \left[ \sum_{\xi=1}^{m_M-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-3} p_{\eta} + \frac{(u_{m_M-1, j} H_{m_M-1} + (\varepsilon_j + u_{m_M, j}))}{p_{m_M-1} H_{m_M-1}} \right] \times p_{m_M-1} = \sum_{\xi=1}^{m_M-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-1} p_{\eta} + u_{m_M-1, j} - \left[ \sum_{\xi=1}^{m_M-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-3} p_{\eta} + \frac{u_{m_M-1, j} p'_{m_M} + (1 + u_{m_M, j})}{p_{m_M-1} p'_{m_M}} \right] \times p_{m_M-1} = \sum_{\xi=1}^{m_M-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-1} p_{\eta} + u_{m_M-1, j} - \left( \sum_{\xi=1}^{m_M-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{m_M-3} p_{\eta} \right) p_{m_M-1} = u_{m_M-1, j}. \quad (15)$$

Из полученного результата (15) вытекает, что  $e_{m_M-1, j} = 0$ , т.е. за счет наложенной блокировки обеспечивается самокоррекция ошибки в старшем элементе столбца МВ. Значит, после наложения блокировки ошибка не размножается,  $q_e = 1$ . Разница между значениями ошибки в элементе изображения до и после блокировки равна  $(r_{m_M-1} - 1)$ . Это обеспечивает резкое снижение значения СКПП восстановленных изображений и повышает их визуальное качество. Действительно, рассмотрим восстановление элемента  $u_{\eta-1, j}^\bullet$  (первый по старшинству элемент, для которого не выполняется условие (6)).

$$u_{\eta-1, j}^\bullet = \left[ \sum_{\xi=1}^{\eta-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{\eta-1} p_{\eta} + u_{\eta-1, j} + \frac{\varepsilon_j + \sum_{\xi=\eta}^{m_M} u_{\xi j} H_{\xi}}{H_{\eta-1}} \right] - \left[ \sum_{\xi=1}^{\eta-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{\eta-2} p_{\eta} + \frac{\varepsilon_j + \sum_{\xi=\eta-1}^{m_M} u_{\xi j} H_{\xi}}{p_{\eta-1} H_{\eta-1}} \right] p_{\eta-1}. \quad (16)$$

Распишем сумму  $\left( \varepsilon_j + \sum_{\xi=\eta}^{m_M} u_{\xi j} H_{\xi} \right)$  с учетом условий (12) и (2):

$$\varepsilon_j + \sum_{\xi=\eta}^{m_M} u_{\xi j} H_{\xi} = \varepsilon_j + u_{m_M, j} + \sum_{\xi=\eta}^{m_M-1} u_{\xi j} H_{\xi} =$$

$$= (1 + u_{m_M, j}) + \sum_{\xi=\eta}^{m_M-1} u_{\xi j} H_{\xi} = (1 + u_{m_M, j}) + u_{m_M-1, j} p'_{m_M} + \sum_{\xi=\eta}^{m_M-2} u_{\xi j} H_{\xi} \leq p_{m_M-1} p_{m_M-1} + \sum_{\xi=\eta}^{m_M-2} u_{\xi j} H_{\xi} = \dots = \prod_{\xi=\eta+1}^{m_M} p_{\xi} - 1 + u_{\eta j} V_{\xi} = \prod_{\xi=\eta+1}^{m_M} p_{\xi} (1 + u_{\eta j}) - 1 = \prod_{\xi=\eta}^{m_M} p_{\xi} - 1 = H_{\eta-1} - 1. \quad (17)$$

По аналогии обосновывается, что

$$\varepsilon_j + \sum_{\xi=\eta-1}^{m_M} u_{\xi j} H_{\xi} = \dots = \prod_{\xi=\eta}^{m_M} p_{\xi} - 1 + u_{\eta-1, j} H_{\eta-1} = H_{\eta-1} (1 + u_{\eta-1, j}) - 1. \quad (18)$$

С учетом соотношений (17) и (18) формула (16) примет вид

$$u_{\eta-1, j}^\bullet = \sum_{\xi=1}^{\eta-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{\eta-1} p_{\eta} + u_{\eta-1, j} - \left( \sum_{\xi=1}^{\eta-2} u_{\xi j} \prod_{\eta=\xi+1}^{\eta-2} p_{\eta} \right) p_{\eta-1} = u_{\eta-1, j}. \quad (19)$$

Значит ошибка действительно не размножается больше чем  $m_M$ -й элемент. Причем разница в величине ошибки при восстановлении элемента  $u_{\eta-1, j}^\bullet$  (первый элемент, не удовлетворяющий условию (2)) до и после блокировки равна  $(u_{\eta-1, j} - 1)$ .

Отсюда следует, что для обеспечения резкого снижения значения ошибки в младшем элементе столбца видеоданных и локализации процесса размножения ошибок максимум в одном элементе необходимо организовывать блокировку, учитывая условия (5), (6), (12) и (13). Тогда блокировка будет состоять из следующих этапов.

**Этап 1.** После снижения динамического диапазона МВ проводится увеличение значений элементов  $u_{m_M, j}^{(\xi, \theta, \psi)}$  последней строки на 1:

$$u_{m_M, j}^{(\xi, \theta, \psi)} = u_{m_M, j}^{(\xi, \theta, \psi)} + 1, \text{ для } j = \overline{1, n}, \quad (20)$$

где  $u_{m_M, j}^{(\xi, \theta, \psi)}$  – значение элемента  $u_{m_M, j}^{(\xi, \theta, \psi)}$  после первого этапа блокировки.

**Этап 2.** Рассчитываются значения величин  $p_i^{(\xi, \theta, \psi)}$  динамического диапазона в строках МВ с учетом соотношения (20):

$$p_i^{(\xi, \theta, \psi)} = \begin{cases} r_1^{(\xi, \theta, \psi)} - z_1^{(\xi, \theta, \psi)} & \rightarrow i = \overline{1, m_M - 1}; \\ r_1^{(\xi, \theta, \psi)} - z_1^{(\xi, \theta, \psi)} + 1, & \rightarrow i = m_M; \end{cases} \quad (21)$$

$$P = \{p_1^{(\xi, \theta, \psi)}, \dots, p_1^{(\xi, \theta, \psi)}, \dots, p_{m_M}^{(\xi, \theta, \psi)}\}.$$

**Этап 3.** Значение динамического диапазона  $p_{m_M}^{(\xi, \theta, \psi)}$  последней строки МВ увеличивается на 1:

$$p_{m_M}^{(\xi, \theta, \psi)} = p_{m_M}^{(\xi, \theta, \psi)} + 1 = p_{m_M}^{(\xi, \theta, \psi)} + 2. \quad (22)$$

Тогда адаптивное мультиадическое представление задается следующими выражениями ( $j=1, n$ ):

$$D'(\xi, \theta, \psi)_j = \sum_{i=1}^{m_M-1} u_{ij}^{(\xi, \theta, \psi)} H_i^{(\xi, \theta, \psi)} + (u_{m_M, j}^{(\xi, \theta, \psi)} + 1), \quad (23)$$

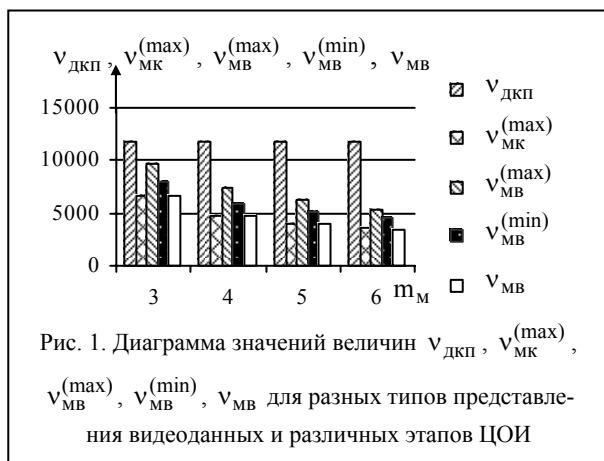
$$H_i^{(\xi, \theta, \psi)} = p_{m_M}^{(\xi, \theta, \psi)} \prod_{k=i+1}^{m_M-1} p_k^{(\xi, \theta, \psi)} =$$

$$= \left( p_{m_M}^{(\xi, \theta, \psi)} + 2 \right) \prod_{k=i+1}^{m_M-1} \left( r_k^{(\xi, \theta, \psi)} - z_k^{(\xi, \theta, \psi)} \right),$$

$i = 1, m_M,$  (24)

где  $D'(\xi, \theta, \psi)_j$  – значение МК для  $j$ -го столбца  $\xi$ -го массива, принадлежащего  $\theta$ -му сектору  $\psi$ -й линейки, вычисленного с учетом понижения динамического диапазона и проведения блокировки.

Для оценки устойчивости адаптивного ЧСМ-представления к вычислительным ошибкам построим диаграммы зависимостей количества ошибок от типов представления видеоданных (рис. 1), где:  $v_{\text{ДКП}}$  – количество элементов изображения восстановленных с ошибкой для варианта, когда мультиадическое представление не используется;  $v_{\text{МК}}^{(\text{max})}$  – количество МК восстановленных с ошибкой после обратного ДКП;  $v_{\text{МВ}}^{(\text{max})}$  – количество элементов изображения восстановленных с ошибкой после мультиадического декодирования;  $v_{\text{МВ}}^{(\text{min})}$  – количество элементов изображения восстановленных с ошибкой после мультиадического декодирования элементов изображения с уменьшенным динамическим диапазоном;  $v_{\text{МВ}}$  – количество элементов изображения восстановленных с ошибкой после адаптивного мультиадического декодирования.



Анализ диаграмм на рис. 1 показывает, что количество искаженных элементов изображения для адаптивного ЧСМ-представления меньше в среднем: на 31 %, чем для ЧСМ-представления исходных видеоданных; на 17 % по сравнению с ЧСМ-представлением с пониженным динамическим диапазоном. Отсюда следует, что за счет блокировки резко усиливается степень локализации количества искаженных элементов изображения.

Для оценки абсолютных значений ошибки и их количества для адаптивного ЧСМ-представления проведем оценку распределения количества ошибок в зависимости от их абсолютных значений для разных типов представления видеоданных и различных этапов ЦОИ (табл. 1).

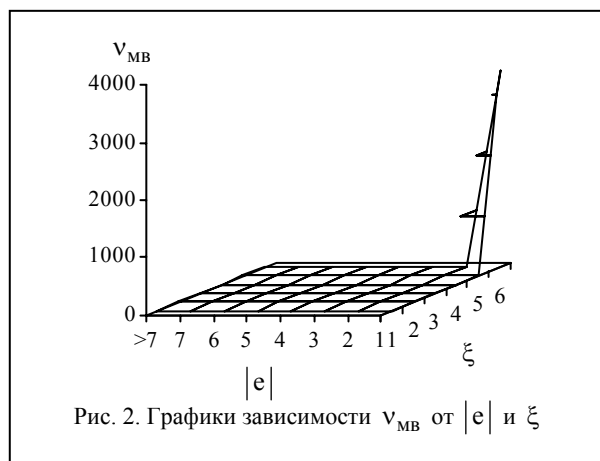
Таблица 1

Зависимость величин  $v_{\text{ДКП}}, v_{\text{МК}}^{(\text{max})}, v_{\text{МВ}}^{(\text{max})}, v_{\text{МВ}}^{(\text{min})}, v_{\text{МВ}}$  от  $|e|$  и  $|\xi|$  и для разных типов представления видеоданных и различных этапов ЦОИ

Величина	Абсолютное значение $ e $ и $ \xi $ ошибки					
	1	2	3	4	5	>5
$v_{\text{ДКП}}$	11828	8	0	0	0	0
$v_{\text{МК}}^{(\text{max})}$	3575	0	0	0	0	0
$v_{\text{МВ}}^{(\text{max})}$	3366	0	0	0	0	1938
$v_{\text{МВ}}^{(\text{min})}$	3222	310	171	128	104	587
$v_{\text{МВ}}$	3428	0	0	0	0	0

Из анализа табл. 1 вытекает, что все количество ошибок для адаптивного ЧСМ-представления приходится на абсолютную величину ошибки, равную 1. Для адаптивного ЧСМ-представления в отличие от ЧСМ-представлений отсутствуют выбросы количества ошибок в области средних и максимальных значений динамического диапазона видеоданных.

Чтобы оценить свойства локализации ошибок с большими абсолютными значениями для адаптивного ЧСМ-представления построим график зависимости количества  $v_{\text{МВ}}$  ошибок от их абсолютного значения  $|e|$  и от позиции  $\xi$  восстанавливаемого элемента изображения в столбце (рис. 2.).



На основе анализа графика на рис. 2 следует, что максимальные значения ошибок, равные 1 достигаются для последних элементов столбцов МВ.

Для оценки величины СКПП, формируемую в процессе ЦОИ на основе ЧСМ-представления построим графики ее зависимости от размеров массивов  $m_M$  (рис. 3), где  $\delta_{\text{ДКП}}$  – значение СКПП, когда ДКП выполняется для исходных видеоданных;  $\delta_{\text{МК}}^{(\text{max})}$  – значение СКПП на этапе восстановления МК;  $\delta_{\text{МВ}}^{(\text{max})}$  – значение СКПП на этапе восстановления элементов изображения;  $\delta_{\text{МВ}}^{(\text{min})}$  – значение СКПП на этапе восстановления элементов изображения ЧСМ-представления с пониженным динамическим диапазоном;  $\delta_{\text{МВ}}$  – значение СКПП на этапе восстановления элементов изображения адаптивного ЧСМ-представления.

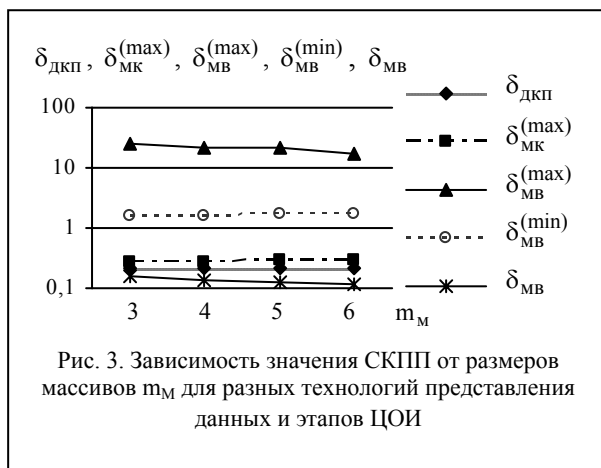


Рис. 3. Зависимость значения СКПП от размеров массивов  $m_M$  для разных технологий представления данных и этапов ЦОИ

Анализ графиков на рис. 3 показывает, что значение СКПП при фиксированных размерах обрабатываемых массивов для адаптивного мультиадического представления имеет следующие особенности:

– дополнительно сокращается относительно соответственно мультиадического представления видеоданных с исходным диапазоном и мультиадического представления с пониженным динамиче-

ским диапазоном в 153 раза и 10 – 17 раз соответственно. Значение величины СКПП равно 0,11 – 0,16 уровней квантования, что обеспечивает значение пикового отношения сигнал/шум не ниже 64 дБ;

– снижается по сравнению с величиной СКПП без мультиадической обработки в среднем в 1,5 – 2,5 раза в зависимости от степени насыщенности изображений и размеров мультиадического представления (на 20 дБ больше);

– уменьшается в среднем на 10 – 20% с ростом размера мультиадического представления.

## Выводы

Разработанное адаптивное ЧСМ-представление характеризуется тем, что обеспечивается:

– адаптация мультиадического представления к неравномерности динамического диапазона видеоданных;

– адаптация структуры мультиадического представления к величине вычислительных ошибок на этапе ДКП;

– адаптация структуры мультиадического представления к особенностям (к закономерностям) процесса распространения ошибок при восстановлении элементов изображений.

Оно обеспечивает дополнительное снижение времени обработки изображений и уменьшение величины СКПП восстановления.

## Список литературы

1. Баранник В.В., Сидченко С.А. Метод цифровой обработки изображений // Системи управління, навігація та зв'язок. – К.: ЦНДІ НіЗ, 2007. – № 4. – С. 37-41.
2. Баранник В.В., Сидченко С.О. Аналіз підходів для зниження часу цифрової обробки зображень // Системи озброєння і військова техніка – 2007. – № 4 (12). – С. 57-60.

Поступила в редакцию 3.05.2008

**Рецензент:** д-р тех. наук, проф. Ю.В. Стасев, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## АДАПТИВНЕ ЧАСТОТНО-СПЕКТРАЛЬНЕ МУЛЬТИАДИЧНЕ ПРЕДСТАВЛЕННЯ ВІДЕОДАНИХ

Баранник В.В., Сидченко С.О.

*Розробляється метод адаптивного частотно-спектрального мультиадичного представлення відеоданих з урахуванням нерівномірного зменшення динамічного діапазону і блокування помилки. Блокування помилок проводиться за рахунок властивостей самокорекції і локалізації помилок мультиадичних кодограмм. Метод забезпечує додаткове зниження часу обробки зображень і зменшення величини середньоквадратичного показника погрешності відновлення в середньому в 1,5 – 2,5 рази в залежності від ступеня насиченості зображень і розмірів мультиадичного представлення.*

**Ключові слова:** дискретне косинусне перетворення, мультиадичні коди, частотно-спектральне мультиадичне представлення.

## ADAPTIVE FREQUENCY-SPECTRAL MULTADICHERSKOE PRESENTATION OF VIDEOINFORMATION

Barannik V.V., Sidchenko S.A.

*Developed the method of adaptive frequency-spectral multiadical presentation of videodata with the lowered dynamic range and blocking of error. Blocking of errors is conducted due to properties of self-corrections and localization of errors of multiadical codegrams. Method is provides the additional decline of time of processing of images and diminishing of value of root-mean-square index of error of renewal on the average in 1,5 – 2,5 time depending on the degree of saturation of images and sizes of multiadical presentation.*

**Keywords:** discrete cosine transformation, multiadical codes, frequency-spectral multiadical presentation.