

Методика структуризации мультиадического представления

Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба

1. Введение

Постановка проблемы и анализ литературы. В современных информационно-телекоммуникационных системах обрабатывается большое количество изображений разных размеров. В результате их обработки приходится сталкиваться с решением **актуальной научной задачи**, заключающейся в ликвидации несоответствия кратности размеров изображений и размеров трансформант.

Решения поставленной задачи, как правило, приводит к увеличению времени обработки и повышению исходного цифрового объема изображения. Так в [1] показано, что за счет добавления отсутствующих строк и столбцов, происходит увеличения первичного объема изображений до 2% и повышение количества операций на ортогональное преобразование до 2%.

Поэтому **цель статьи** состоит в решении задачи ликвидации несоответствия кратности размеров изображений и размеров трансформант без увеличения исходного цифрового объема изображения.

Решать поставленную задачу предлагается на основе предложенного в [2] авторами нового метода цифровой обработки изображений, основанного на ортогональном преобразовании мультиадических кодовых конструкций.

2. Основные понятия и определения относительно структуризации кадра изображения

Определение 1. Линейка массивов видеоданных представляет собой горизонтальную в направлении строчной развертки одномерную последовательность массивов видеоданных (МВ), для которых формируются мультиадические коды. Длина линейки равна количеству $v_A^{(1)}$ массивов видеоданных, образованных вдоль одной строки кадра. Высота линейки равна количеству строк m_M (длине столбца) в массиве видеоданных.

Определение 2. Сектор S представляет собой последовательность массивов видеоданных A , принадлежащих одной линейки, на основе которых формируется массив N мультиадических кодов с заданными размерами. Формирование массива N на основе сектора S проводится оператором $\varphi_S(\bullet): N = \varphi_S(S)$.

Если размер массива A равен $m_M \times n$, а требуется образовать массив N размером $n \times n$ элементов, то для предложенного принципа построения сектора S его длина ℓ_S (количество МВ) равна n .

Сектор называется **полным**, если количество ℓ_S массивов является достаточным для формирования массива мультиадических кодов. Тогда $S = \{A_1, \dots, A_\xi, \dots, A_n\}$.

В противном случае сектор считается **неполным** $S = \{A_1, \dots, A_\xi, \dots, A_d\}$, где d – номер последнего массива принадлежащего неполному сектору, $d < n$.

Количество v_s секторов в одной линейки с учетом того, что последний сектор будет неполным равно $v_s = \left[\frac{L_{\text{стлб}}}{\ell_s n} \right] + 1$, где $\ell_s n$ – количество столбцов видеоданных в одном секторе.

В процессе формирования массивов мультиадических кодов необходимо учесть возможное несоответствие кратности размеров трансформанты и кадра изображения. В этом случае для уменьшения объема данных и времени обработки предлагается варьировать структурными размерами секторов и массивов мультиадических кодов. Необходимость проведения структурного варьирования определяется на основе следующих условий:

1) условие целого количества МВ в одной линейки задано соотношением

$$L_{\text{стлб}} - \left[\frac{L_{\text{стлб}}}{m_M n^2} \right] m_M n^2 = 0; \quad (1)$$

2) условие целого количества МВ для всего кадра представляется в виде

$$L_{\text{стр}} L_{\text{стлб}} - \left[\frac{L_{\text{стр}} L_{\text{стлб}}}{m_M n^2} \right] m_M n^2 = 0. \quad (2)$$

Если условие (2) выполняется, то варьирование не проводится. В противном случае требуется синтезировать такую схему организации мультиадического представления, для которой выполняются одновременно два условия

$$L_{\text{стлб}} - \left[\frac{L_{\text{стлб}}}{n^2} \right] n^2 = 0; \quad (3)$$

$$L_{\text{стр}} - \left[\frac{L_{\text{стр}}}{m_M} \right] m_M = 0. \quad (4)$$

Выражение (3), задает условие, состоящее в формировании целого количества $v_M^{(1)}$ (т.е. $[v_M^{(1)}] = v_M^{(1)}$) массивов мультиадических кодов размером $n \times n$ элементов для одной линейки МВ. Соответственно соотношение (4) указывает на ситуацию, для которой формируется целое количество v_L линеек МВ. При этом если выполняется условие (3) то все v_L линеек будут полными, а суммарное количество v_A массивов видеоданных в кадре равно $v_A = v_A^{(1)} v_L$.

Соответственно суммарное количество v_M массивов мультиадических кодов в кадре находится по формуле $v_M = v_M^{(1)} v_L$.

Из анализа условий (3) и (4) вытекают три режима несоответствия кратности размеров:

1. Первый режим проявляется в случае, когда последний сектор является не полным, т.е. не выполняется условие (3).

2. Если последний сектор является полным (выполняется условие (3)), а последняя линейка будет не полной (т.е. не выполняется условие (4)). Такая ситуация соответствует второму режиму несоответствия кратности размеров.

3. Когда для размера кадра не выполняются одновременно два условия (3) и (4), то проявляется третий режим несоответствия кратности размеров.

Разработка структурной организации мультиадического кодирования, обеспечивающей возможность формирования блоков данных для выполнения ОП без добавления дополнительных элементов, возможна благодаря свойству мультиадического кодирования, заключающегося в возможности изменения количества строк в МВ, для которых формируются коды. Реализуется стратегия переменной длины столбца МВ, т.е. $m_M = \text{var}$. Это позволяет варьировать количеством кодов. Чем больше длина столбца МВ, тем меньше количество кодов и наоборот. Причем величина m_M может меняться как в вертикальном так и в горизонтальном направлениях.

3. Разработка структурной организации мультиадического кодирования при неполном последнем секторе

Рассмотрим технологию обеспечения соответствия кратности размеров на базе варьирования величиной m_M в горизонтальном направлении (внутри линейки массивов видеоданных).

В случае, когда не выполняется условие (3), т.е. $n^2 > L_{\text{стлб}} - [\frac{L_{\text{стлб}}}{n^2}]n^2 = \eta^{(1)} > 0$, ($\eta^{(1)}$ – количество остаточных столбцов массивов А в неполном секторе), а условие (4) выполняется, то последний массив мультиадических кодов, будет не полным. Это соответствует первому варианту несоответствия. Тогда предлагаются следующие варианты решения основанные на возможности изменения величины m_M и значения мульти-кода $N(m_M)_j$.

Первый вариант. Данный вариант реализуется, если длина столбца m_M массива видеоданных такова, что существует возможность добавления элементов, т.е. выполняется условие

$$N(m_M + \beta)_j \leq 2^M - 1, \quad (5)$$

где β – количество добавляемых к столбцу элементов; $N(m_M + \beta)_j$ – значение мультиадического кода, вычисленного для $(m_M + \beta)$ элементов j -го столбца.

Осуществляется увеличение длин столбцов МВ, на основе которых формируется предпоследний массив мультиадических кодов. В общем случае процесс увеличения столбцов проводится для МВ нескольких секторов линейки. Количество v'_s секторов зависит от величины β и количества q_{v_s} элементов видеоданных в последнем неполном секторе. Значение величины v'_s рассчитывается по формуле

$v'_s = [\frac{q_{v_s}}{\ell_s n \beta}] + 1$, где $\ell_s n \beta$ – количество элементов видеоданных, которое

можно добавить в один сектор, при условии, что число добавляемых элементов в

один столбец равно β .

Последовательность секторов $S^{(v'_s)}$, для которых проводится увеличение длины столбцов, имеет вид $S^{(v'_s)} = \{S_{v_s - v'_s}, \dots, S_{v_s - v'_s - 1}, \dots, S_{v_s - 1}\}$. Номера МВ, для которых проводится такое преобразование, принимают значения от $\xi_{\min}^{(\theta)}$ до $\xi_{\max}^{(\theta)}$. Значение номера $\xi_{\min}^{(\theta)}$ первого массива сектора $S_\theta \in S^{(v'_s)}$ равно

$$\xi_{\min}^{(\theta)} = \ell_s (\theta - 1) + 1 = \ell_s \theta, \quad (6)$$

где $\ell_s \theta$ – количество МВ в секторах предшествующих θ -му сектору.

С учетом формулы (6) номер $\xi_{\max}^{(\theta)}$ последнего массива сектора S_θ равен

$$\xi_{\max}^{(\theta)} = \ell_s + \xi_{\min}^{(\theta)} = \ell_s \theta + 1. \quad (7)$$

Растяжение столбцов массивов сектора S_θ проводится за счет элементов МВ, принадлежащих последнему неполному сектору S_{v_s} . Номера МВ, принадлежащих сектору S_{v_s} , находятся на интервале от $\xi_{\min}^{(v_s)}$ до $\xi_{\max}^{(v_s)}$:

$$\xi_{\min}^{(v_s)} = \xi_{\max}^{(v_s - 1)} + 1 = \ell_s (v_s - 1) + 1; \quad (8)$$

$$\xi_{\max}^{(v_s)} = d = \xi_{\min}^{(v_s)} + \ell_{v_s}, \quad (9)$$

где d – номер последнего массива принадлежащего сектору S_{v_s} ; ℓ_{v_s} – длина (количество массивов видеоданных) сектора S_{v_s} .

В общем случае массив с номером $\xi_{\max}^{(v_s)}$ может быть не полным, т.е. количество столбцов будет меньшим, чем величина n . Значение величины ℓ_{v_s} находится по формуле

$$\ell_{v_s} = \eta^{(1)} / n = (L_{\text{стлб}} - \lfloor \frac{L_{\text{стлб}}}{n^2} \rfloor n^2) / n. \quad (10)$$

Если значение ℓ_{v_s} целое, то массив с номером $\xi_{\max}^{(v_s)}$ является полным. В этом случае номер массива $\xi_{\max}^{(v_s)}$ равен

$$\xi_{\max}^{(v_s)} = d = \ell_s (v_s - 1) + 1 + ((L_{\text{стлб}} - \lfloor \frac{L_{\text{стлб}}}{n^2} \rfloor n^2) / n). \quad (11)$$

Если значение ℓ_{v_s} не целое, то массив с номером $\xi_{\max}^{(v_s)}$ является неполным. Для этого варианта номер массива $\xi_{\max}^{(v_s)}$ вычисляется по формуле

$$\xi_{\max}^{(v_s)} = d = \ell_s (v_s - 1) + 1 + [(L_{\text{стлб}} - [\frac{L_{\text{стлб}}}{n^2}]n^2) / n] + 1. \quad (12)$$

Алгоритм процесса растяжения столбцов сводится к выполнению следующих действий:

1) вычисление количества q_{v_s} элементов видеоданных принадлежащих неполному сектору S_{v_s} : $q_{v_s} = \eta^{(1)} m_M = m_M (L_{\text{стлб}} - [\frac{L_{\text{стлб}}}{n^2}]n^2)$;

2) нахождение количества секторов, для которых проводится увеличение длины столбца $v'_s = [\frac{m_M (L_{\text{стлб}} - [\frac{L_{\text{стлб}}}{n^2}]n^2)}{\ell_s n \beta}] + 1 = [\frac{m_M L_{\text{стлб}}}{n^2 \beta} - \frac{(m_M [\frac{L_{\text{стлб}}}{n^2}])}{\beta}] + 1$.

3) добавление элементов к столбцам массивов последовательности секторов $S^{(v'_s)}$. Элементы добавляются к столбцам, начиная с МВ имеющего номер $\xi_{\min}^{(v_s - v'_s)}$ и принадлежащего $(v_s - v'_s)$ -му сектору (первому сектору последовательности $S^{(v'_s)}$). Заполнение секторов проводится в следующей последовательности:

– заполняются первые $\tau=1$ элементы столбцов, т.е. добавляются элементы на координаты $(\tau; j)$, $j=\overline{1, n}$;

– заполняются очередные элементы столбцов, $(\tau+1; j)$, $j=\overline{1, n}$;

– предыдущий пункт выполняется для строк в диапазоне $\tau=\overline{1, \beta}$;

– заполняются элементы очередного массива текущего сектора;

– заполняются элементы очередного сектора.

Данная схема заполнения выделенных секторов обеспечивает соответствие между перераспределяемыми элементами.

Процесс добавление продолжается до тех пор, пока не выполняется условие $q_{v_s} = 0$, т.е. будут добавлены все элементы видеоданных сектора S_{v_s} . При этом принимаются следующие ограничения: $m_M \leq n$ и $\beta \leq m_M$.

На **шаге 1** задаются значения параметров номер первого сектора $\theta = (v_s - v'_s)$, номер первого массива $\xi = \xi_{\min}^{(v_s - v'_s)}$, координаты позиции $j=1$, $\tau=1$, на которую добавляется элемент с последнего сектора и номер первого массива $\gamma = \xi_{\min}^{(v_s)}$ перераспределяемого сектора.

Шаг 2. Проводится размещение элемента $a_{i,j}^{(\gamma)}$ массива неполного сектора S_{v_s} на позицию с координатами $(m_M + \tau; j)$ в ξ -м массиве принадлежащего сектору с номером θ :

$$a_{m_M + \tau, j}^{(\xi)} = a_{i, j}^{(\gamma)}, \quad (13)$$

где $a_{m_M + \tau, j}^{(\xi)}$ – добавляемый элемент изображения, расположенный в ξ -м массиве на позиции с координатами $(m_M + \tau; j)$.

Шаг 3. Проверяется условие, относительно обработки последнего массив $\xi_{\max}^{(v_s)}$ неполного сектора S_{v_s} :

$$\gamma \leq \xi_{\max}^{(v_s)}. \quad (14)$$

Если неравенство (14) выполняется, то γ -й массив перераспределяемых элементов не является последним массивом сектора S_{v_s} . Тогда γ -й массив будет полным. В этом случаи обработка состоит в выполнении следующих действий:

Шаг 3.1. Проводится определение координат перераспределяемого элемента сектора S_{v_s} :

– если выполняется условие

$$j \leq n, \quad (15)$$

то $j := j+1$, а $i = \text{const}$;

– если неравенство (15) не выполняется, то проверяется условие

$$i \leq m_M. \quad (16)$$

В случае, когда условие (16) верно, то $i := i+1$, а $j=1$.

Если условие (16) не выполняется, то текущий массив сектора S_{v_s} считается полностью обработанным. Перераспределение элементов продолжается с очередного массива, т.е. $\gamma := \gamma+1$, а $i=1$ и $j=1$. Обработка переводится на шаг 3 (проверяется условие (14)).

Шаг 3.2. Осуществляется определение координат позиции, на которую проводится добавление элемента. Проверяется условие

$$j \leq n. \quad (17)$$

Если условие (17) верно, то $j := j+1$, а $i = \text{const}$. Выполняется шаг 2.

В обратном случае проверяются условия:

1) на окончание заполнения текущего массива

$$\tau \leq \beta. \quad (18)$$

Если условие (18) выполняется, то продолжается заполнение текущего массива, а координаты позиции равны $\tau := \tau+1$, а $j=1$. Выполняется шаг 2;

2) для варианта, когда закончено заполнение текущего массива, т.е. неравенство (18) не выполняется, организуется проверка условия на завершение обработки текущего θ -го сектора

$$\xi \leq \xi_{\max}^{(\theta)}. \quad (19)$$

Обработка текущего сектора продолжается, если верно условие (19). Тогда процесс заполнения продолжается с последующего массива $\xi := \xi+1$ для θ -го сектора, а координаты заполняемой позиции рассчитываются по формулам:

$$\tau = m_M + 1; \quad j = 1.$$

После чего выполняется шаг 2.

В случае, когда неравенство (19) не выполняется, то обработка переходит на первый массив очередного сектора, т.е. $\theta := \theta + 1$, $\xi = \xi_{\min}^{(\theta+1)}$, координаты позиции внутри массива равны $\tau = m_M + 1$; $j = 1$. Выполняется шаг 2.

Шаг 4. Если условие (14) не выполняется, т.е. $\gamma > \xi_{\max}^{(v_s)}$, то массив, элементы которого перераспределяются, является последним в секторе S_{v_s} . В этом случае требуется проверить размерность $\xi_{\max}^{(v_s)}$ -го массива. Для этого проверяется условие

$$\left(L_{\text{стлб}} - \left[\frac{L_{\text{стлб}}}{n^2} \right] n^2 \right) - \left[\frac{L_{\text{стлб}} - \left[\frac{L_{\text{стлб}}}{n^2} \right] n^2}{n} \right] n = 0. \quad (20)$$

Для верного условия (20) последний массив является полным. Тогда перераспределение его элементов организуется на основе шагов 2 и 3. Если равенство (20) не выполняется, то $\xi_{\max}^{(v_s)}$ -й массив является не полным. Тогда отличительной особенностью будет процесс определения координат перераспределяемого элемента $\xi_{\max}^{(v_s)}$ -го массива сектора S_{v_s} :

– вычисляется количество $\eta^{(v_s)}$ столбцов в неполном массиве

$$\eta^{(v_s)} = \left(L_{\text{стлб}} - \left[\frac{L_{\text{стлб}}}{n^2} \right] n^2 \right) - \left[\frac{L_{\text{стлб}} - \left[\frac{L_{\text{стлб}}}{n^2} \right] n^2}{n} \right] n. \quad (21)$$

– проверяется условие

$$j \leq \eta^{(v_s)}. \quad (22)$$

Если (14) выполняется, то $j := j + 1$, а $i = \text{const}$;

– если неравенство (22) не выполняется, то проверяется условие (16). В случае, когда условие (16) верно, то $i := i + 1$, а $j = 1$.

Если условие (16) не выполняется, то последний массив сектора S_{v_s} считается полностью обработанным. С этого момента перераспределение элементов считается полностью завершенным.

Второй вариант. Данный вариант перераспределение элементов неполного сектора осуществляется, если длина столбца m_M массива видеоданных такова, что не существует возможности добавления дополнительных элементов, т.е. условие (5) не выполняется $N(m_M + 1)_j > 2^M - 1$. Для данного варианта перераспределение элементов предлагается проводить за счет разделение предпоследнего сектора S_{v_s-1} на два сектора. Разделение проводится вдоль строк. Образуются два сектора $S_{v_s-1}^{(1)}$ и $S_{v_s-1}^{(2)}$. Номера массивов видеоданных, для которых проводится такое преобразование, принимают значения от $\xi_{\min}^{(v_s-1)}$ до $\xi_{\max}^{(v_s-1)}$. Значе-

ние номера $\xi_{\min}^{(v_s-1)}$ первого массива предпоследнего сектора S_{v_s-1} равно

$$\xi_{\min}^{(v_s-1)} = \ell_s (v_s - 2) + 1, \quad (23)$$

где $\ell_s (v_s - 2)$ – количество массивов видеоданных в предыдущих секторах.

С учетом формулы (23) номер $\xi_{\max}^{(v_s-1)}$ последнего массива сектора S_{v_s-1} равен

$$\xi_{\max}^{(v_s-1)} = \ell_s + \xi_{\min}^{(v_s-1)} = \ell_s (v_s - 1) + 1. \quad (24)$$

Сектор $S_{v_s-1}^{(1)}$ строится на основе массивов, содержащих строки в диапазоне $i = \overline{1, m_M/2}$. Соответственно массивы сектора $S_{v_s-1}^{(2)}$ образуются на основе строк в диапазоне $i = \overline{(m_M/2), m_M}$. Тогда нумерация массивов соответственно для секторов $S_{v_s-1}^{(1)}$ и $S_{v_s-1}^{(2)}$ проводится в следующем порядке

$$\xi_{\min}^{(v_s-1)} \leq \xi^{(1)} \leq \xi_{\max}^{(v_s-1)}; \quad \xi_{\min}^{(v_s-1)} \leq \xi^{(2)} \leq \xi_{\max}^{(v_s-1)},$$

где $\xi^{(\alpha)}$ – номер ξ -го массива, принадлежащего сектору $S_{v_s-1}^{(\alpha)}$.

Заполнение массивов предпоследнего сектора проводится в том же порядке, как и для предыдущего варианта, т.е. в направлении строк (слева на право, сверху вниз) для массивов – слева на право, для подсекторов сверху – вниз.

Для такого направления обработки организация заполнения предпоследнего сектора задается следующими действиями:

Шаг 1. Задаются начальные значения параметров процесса перераспределения, а именно: номер первого массива $\xi = \xi_{\min}^{(v_s-1)}$, координаты позиции $j=1$, $\tau = 1$ (τ – индекс строки, принимающий значения: для $\alpha=1$, $\tau = \overline{1, m_M/2}$; для $\alpha=2$, $\tau = \overline{m_M/2, m_M}$), на которую добавляется элемент с последнего сектора и номер первого массива $\gamma = \xi_{\min}^{(v_s)}$ перераспределяемого сектора.

Шаг 2. осуществляется размещение элемента $a_{i,j}^{(\gamma)}$ массива неполного сектора S_{v_s} на позицию с координатами $(\tau; j)$ в ξ -м массиве:

$$a_{\tau,j}^{(\xi,\alpha)} = a_{i,j}^{(\gamma)}, \quad (25)$$

где $a_{\tau,j}^{(\xi,\alpha)}$ – добавляемый элемент изображения, расположенный на позиции с координатами $(\tau; j)$ в ξ -м массиве, принадлежащем подсектору $S_{v_s-1}^{(\alpha)}$.

Шаг 3. Проверяется условие (14), относительно обработки последнего массива $\xi_{\max}^{(v_s)}$ неполного сектора S_{v_s} . Если неравенство (14) выполняется, то γ -й

массив перераспределяемых элементов не является последним массивом сектора S_{v_s} . В этом случае обработка состоит в выполнении действий, соответствующих шагу 3.1. После чего обработка переводится на шаг 4.

Шаг 4. Определяются координаты позиции, на которую проводится добавление элемента. Проверяется условие (17). Если условие (17) верно, то $j := j+1$, а $i = \text{const}$. Выполняется шаг 2.

В обратном случае проверяются условия:

1) на окончание заполнения текущего массива

$$\tau \leq m_M / 2, \quad \text{для } \alpha = 1 \quad (26)$$

$$\tau \leq m_M, \quad \text{для } \alpha = 2. \quad (27)$$

Если условие (26) или (27) выполняется, то продолжается заполнение текущего массива, а координаты позиции равны $\tau := \tau+1$ и $j=1$. Выполняется шаг 2;

2) если в условиях не выполнения неравенства (17) также не выполняются условия, заданные неравенствами (26) или (27), то это соответствует случаю полного заполнения текущего массива. Тогда организуется проверка условия на завершение обработки текущего подсектора

$$\xi \leq \xi_{\max}^{(v_s)}. \quad (28)$$

Обработка текущего подсектора продолжается, если верно условие (28). Процесс заполнения продолжается с последующего массива $\xi := \xi+1$, а координаты заполняемой позиции рассчитываются по формулам $\tau = m_M + 1$; $j = 1$. После чего выполняется шаг 2.

В случае, когда неравенство (28) не выполняется, то обработка переходит на первый массив второго подсектора $S_{v_s-1}^{(2)}$, т.е. $\alpha := 2$, $\xi = \xi_{\min}^{(v_s)}$, координаты позиции внутри массива равны $\tau = m_M / 2$; $j = 1$. Выполняется шаг 2.

Шаг 5. Если условие (14) не выполняется, т.е. $\gamma > \xi_{\max}^{(v_s)}$, то массив, элементы которого перераспределяются, является последним в секторе S_{v_s} . В этом случае выполняется шаг 4 первого варианта заполнения.

4. Разработка структурной организации мультиадического кодирования при неполной последней линейке

Рассмотрим организацию обработки изображения для второго режима несоответствия размеров кратности (не выполняется условие, заданное соотношением (13)). В этом случае количество строк в последней линейке с индексом $v_{л}$ будет меньше, чем установленная величина m_M . Количество линеек, составленных из массивов видеоданных, находится по формуле

$$v_{л} = \left[\frac{L_{\text{стр}}}{m_M} \right] + 1. \quad (29)$$

Если $v_{\text{л}}$ -я линейка МВ является не полной, то количество $m_{v_{\text{л}}}$ строк в ней равно

$$m_{v_{\text{л}}} = L_{\text{стр}} - \left[\frac{L_{\text{стр}}}{m_{\text{М}}} \right] m_{\text{М}}. \quad (30)$$

Возможны два варианта решения данного несоответствия.

Первый вариант базируется на том, что выполняется неравенство $m_{v_{\text{л}}} < m_{\text{М}}$. Значит при формировании мультиадических кодов для последней линейки не произойдет переполнение машинного слова. В этом случае не проводится перераспределение элементов.

Второй вариант заключается в проведении перераспределения элементов между строками. В отличие от первого варианта перераспределение элементов позволяет сократить количество массивов мультиадических кодов. Перераспределение состоит в заполнении недостающих строк, за счет элементов с других секторов последней линейки. Перераспределение элементов начинается с последнего сектора в первый. Далее процесс перераспределения проводится в направлении к центру линейки. При организации перераспределения элементов между секторами должно обеспечиваться условие, при котором формируется целое количество массивов мультиадических кодов. Такое условие задается равенством

$$L'_{\text{стлб}} - \left[\frac{L'_{\text{стлб}}}{n^2} \right] n^2 = 0, \quad (31)$$

где $L'_{\text{стлб}}$ – количество столбцов в последней линейке после перераспределения элементов между секторами.

Для организации перераспределения элементов так чтобы выполнялось равенство (31) необходимо уменьшать длину линейки на целое количество секторов. Значит минимальной единицей перераспределения является сектор. Причем, если этот сектор последний, то он может быть не полным. Отсюда следует, что перед каждым перераспределением, должно проверяться условие на возможность размещения элементов всего сектора. Для этого выполняются следующие действия.

Шаг 1. Определяется количество μ недостающих строк

$$\mu = m_{\text{М}} - m_{v_{\text{л}}} = m_{\text{М}} - L_{\text{стр}} + \left[\frac{L_{\text{стр}}}{m_{\text{М}}} \right] m_{\text{М}}. \quad (32)$$

Шаг 2. Вычисляется количество $q(S_f)$ элементов в текущем расформировываемом f -м секторе

$$q(S_f) = \begin{cases} m_{v_{\text{л}}} \eta^{(1)} = m_{v_{\text{л}}} (L_{\text{стлб}} - \left[\frac{L_{\text{стлб}}}{n^2} \right] n^2), & \rightarrow f = v_s; \\ m_{v_{\text{л}}} \ell_s, & \rightarrow f \leq v_s - 1, \end{cases} \quad (33)$$

где ℓ_s – длина сектора. Для полного сектора $\ell_s = n^2$.

Шаг 3. Оценивается количество $v'_{\text{стлб}}$ столбцов, на позиции которых допускается размещение элементов, количеством равным $q(S_f)$:

$$v'_{\text{стлб}} = [q(S_f)/\mu] + 1. \quad (34)$$

При этом оставшееся количество $v_{\text{стлб}}^{(t)}$ необработанных столбцов на t -м шаге перераспределения должно быть не меньше величины $v'_{\text{стлб}}$:

$$v'_{\text{стлб}} \leq v_{\text{стлб}}^{(t)}. \quad (35)$$

Шаг 4. Поэтому очередной шаг обработки сводится к определению величины $v_{\text{стлб}}^{(t)}$. Для этого используется рекуррентное выражение

$$v_{\text{стлб}}^{(t)} = ((f-1)\ell_s + 1) - L_{\text{стлб}}^{(t-1)}, \quad (36)$$

где $L_{\text{стлб}}^{(t-1)}$ – количество столбцов, на позиции которых размещены элементы в результате $(t-1)$ -го перераспределений элементов; $((f-1)\ell_s + 1)$ – номер первого столбца f -го сектора.

Если условие (35) не выполняется, то перераспределение элементов считается завершенным. В противном случае на позиции не обработанных столбцов размещаются элементы f -го сектора. Выполняются следующие действия:

Действие 1. Задаются значения параметров номер $u = L_{\text{стлб}}^{(t-1)} + 1$ первого столбца, на позиции которого начинается процесс размещения элементов, координаты позиции $j=1$, $\tau = m_{v_{\text{л}}} + 1$, на которую добавляется элемент с последнего сектора и номер $b = ((f-1)\ell_s + 1)$ первого столбца f -го перераспределяемого сектора.

Действие 2. Проводится размещение элемента $a_{i,j}^{(b,\gamma)}$ для b -го столбца γ -го массива на позицию с координатами $(m_{v_{\text{л}}} + \tau; j)$ в u -м столбце:

$$a_{m_{v_{\text{л}}} + \tau, j}^{(u)} = a_{i,j}^{(b,\gamma)}, \quad (37)$$

где $a_{m_{v_{\text{л}}} + \tau, j}^{(u)}$ – добавляемый элемент изображения, расположенный в u -м столбце на позиции с координатами $(m_{v_{\text{л}}} + \tau; j)$.

Действие 3. Проводится определение координат перераспределяемого элемента сектора S_f :

– если выполняется условие

$$j \leq n, \quad (38)$$

то $j := j+1$, а $i = \text{const}$;

– если неравенство (38) не выполняется, то проверяется условие

$$i \leq m_{v_{\text{л}}}. \quad (39)$$

В случае, когда условие (39) верно, то $i := i + 1$, а $j = 1$;

Если условие (39) не выполняется, то текущий массив сектора S_γ считается полностью обработанным. Перераспределение элементов продолжается с очередного массива, т.е. $\gamma := \gamma + 1$, а $i = 1$ и $j = 1$.

Действие 4. Осуществляется определение координат позиции, на которую проводится добавление элемента. Проверяется условие на окончание заполнения текущего столбца

$$\tau \leq \mu. \quad (40)$$

Если условие (40) выполняется, то продолжается заполнение текущего столбца, а координаты позиции равны $\tau := \tau + 1$. Выполняется действие 2.

Для варианта, когда закончено заполнение текущего столбца, тогда процесс заполнения продолжается с последующего столбца $j := j + 1$. После чего выполняется действие 2.

5. Разработка структурной организации мультиадического кодирования при неполном последнем секторе и неполной последней линейке

Организацию обработки изображения для третьего режима несоответствия кратности размеров (не выполняется одновременно два условия, заданные соотношениями (3) и (4)) предлагается организовывать на основе следующих этапов:

Этап 1. Для линеек с индексами в диапазоне от 1 до $(v_{\text{л}} - 1)$ реализуется первый или второй варианты первого режима.

Этап 2. Для линейки с индексом $v_{\text{л}}$ реализуется варианты соответствующие второму режиму.

После того как устранено несоответствие между количеством и размерами массивов видеоданных и количеством массивов мультиадических кодов проводится формирование мультиадического представления.

6. Выводы

Разработана методика структуризации мультиадического представления, позволяющая решить проблему несоответствие кратности размеров изображений и размеров трансформант без увеличения исходного объема изображения. Разработка данной методики стала возможна благодаря свойству мультиадического кодирования, заключающегося в возможности изменения количества строк в МВ, для которых формируются коды.

Список литературы:

1. Баранник В.В., Сидченко С.О. Аналіз підходів для зниження часу цифрової обробки зображень // Системи озброєння і військова техніка – Х.: ХУПС. – 2007. – Вип. 4(12).
2. Баранник В.В., Сидченко С.А. Метод цифровой обработки изображений // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ЦНДІ НіЗ. – 2007. – № 4.