

## МЕТОД ДВУХИЗОФОТНОГО АПЕРТУРНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

В.В. Баранник, Е.А. Брыдня, А.В. Коломийцев  
(Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба)

*Излагаются основные этапы метода сжатия изображений на основе двухизофотного апертурного представления. Сжатие изображений достигается за счет сокращения структурной и статистической избыточности.*

### *апертурное представление, изофотные уровни*

**Введение.** Одно из важнейших требований к информационным и телекоммуникационным системам заключается в обеспечении доведения достоверной видеоинформации в заданные временные сроки. Для снижения объемов передаваемых данных используются подсистемы сжатия изображений без потери качества [1 – 3]. Однако существующие методы сжатия видеоданных без потери качества имеют недостатки, состоящие в том, что они в основном уменьшают статистическую избыточность, а для устранения избыточности других видов избыточности затрачивается большое количество операций на обработку. Это приводит к увеличению времени доведения информации по телекоммуникационным сетям.

В работах [2, 3] изложены методы сжатия изображений на основе сокращения структурной избыточности. Однако, недостатком этих методов является то, что они не учитывают двухизофотность апертурных характеристик. Поэтому **цель статьи** заключается в разработке метода сжатия изображений с учетом двухизофотности апертурных характеристик.

**Формирование массивов нижнего и верхнего изофотных уровней значений апертурных характеристик.** Отличительный этап разрабатываемого метода состоит в распределении элементов  $\ell_{\alpha\beta}$  массива  $L$  длин апертур и элементов  $h_{\alpha\beta}$  массива  $H$  цветовых координат апертур на два массива соответственно:  $L^{(1)}$ ,  $L^{(2)}$  и  $H^{(1)}$ ,  $H^{(2)}$ . Элементы  $\ell_{\xi\gamma}^{(1)}$ ,  $h_{\xi\gamma}^{(1)}$  являются элементами нижнего изофотного уровня и, наоборот элементы  $\ell_{\xi\gamma}^{(2)}$ ,  $h_{\xi\gamma}^{(2)}$  – элементами верхнего изофотного уровня. Для разбиения ис-

ходного динамического диапазона на два изофотных уровня требуется знание информации о величинах  $\theta(\ell)_{\alpha\beta}$  и  $\theta(h)_{\alpha\beta}$  – минимальных значений из двух максимумов для  $\alpha$ -й строки и  $\beta$ -м столбца соответственно для массивов длин аппретур ( $d(\ell)_{\alpha}$ ,  $d(\ell)_{\beta}$ ) и цветовых координат ( $d(h)_{\alpha}$  и  $d(h)_{\beta}$ ). Для известных значений  $\theta(\ell)_{\alpha\beta}$  и  $\theta(h)_{\alpha\beta}$  значения порогов  $K(h)_{\text{пор}}$  и  $K(\ell)_{\text{пор}}$  определяются на основе выражений:

$$K(h)_{\text{пор}} = (\theta(h)_{\text{max}} + \theta(h)_{\text{min}})/2; \quad K(\ell)_{\text{пор}} = (d(\ell)_{\text{max}} + d(\ell)_{\text{min}})/2; \quad (1)$$

$$\theta(h)_{\text{max}} = \max_{1 \leq \alpha \leq m_a; 1 \leq \beta \leq n_a} \{\theta(h)_{\alpha\beta}\}; \quad \theta(h)_{\text{min}} = \min_{1 \leq \alpha \leq m_a; 1 \leq \beta \leq n_a} \{\theta(h)_{\alpha\beta}\};$$

$$\theta(\ell)_{\text{max}} = \max_{1 \leq \alpha \leq m_a; 1 \leq \beta \leq n_a} \{\theta(\ell)_{\alpha\beta}\}; \quad \theta(\ell)_{\text{min}} = \min_{1 \leq \alpha \leq m_a; 1 \leq \beta \leq n_a} \{\theta(\ell)_{\alpha\beta}\},$$

где  $\theta(\ell)_{\text{max}}$ ,  $\theta(\ell)_{\text{min}}$  – соответственно максимальное и минимальное значение величин  $\theta(\ell)_{\alpha\beta}$ ;  $\theta(h)_{\text{max}}$ ,  $\theta(h)_{\text{min}}$  – соответственно максимальное и минимальное значение величин  $\theta(h)_{\alpha\beta}$ .

Для вычисленного значения  $K(h)_{\text{пор}}$  процесс формирования массивов  $H^{(1)}$  и  $H^{(2)}$  примет вид: если выполняется неравенство

$$\theta(h)_{\alpha\beta} \leq K(h)_{\text{пор}}, \quad (2)$$

то элемент  $h_{\alpha\beta}$  относится к массиву  $H^{(1)}$ . Заполнение массива  $H^{(1)}$  осуществляется по строкам. Длина строки равняется  $n_a$ . Количество строк  $m_a^{(1)}$  в массиве  $H^{(1)}$  определяется как отношение

$$m_a^{(1)} = [\nu(H^{(1)})/n_a] + 1,$$

где  $\nu(H^{(1)})$  – количество элементов в массиве  $H^{(1)}$ .

Значения координат  $(\xi; \gamma)$  с учетом известного количества элементов  $\nu(H_{\alpha\beta}^{(1)})$ , принадлежащих массиву  $H^{(1)}$  на момент начала распределения  $(\alpha, \beta)$ -го элемента массива  $H$ , находятся на основе следующих выражений:

– когда величина  $\nu(H_{\alpha\beta}^{(1)})$  меньше, чем количество  $n_a$  элементов в строке массива  $H^{(1)}$ , т.е.  $\nu(H_{\alpha\beta}^{(1)}) < n_a$ , то  $\xi=1$ , а  $\gamma = \nu(H_{\alpha\beta}^{(1)}) + 1$ ;

– в случае если  $\nu(H_{\alpha\beta}^{(1)}) = n_a$ , то  $\xi=2$ , а  $\gamma = 1$ ;

– если длина строки массива  $H^{(1)}$  превышает количество элементов массива  $H^{(1)}$ , т.е.  $v(H_{\alpha\beta}^{(1)}) > n_a$ , то  $\xi = [v(H_{\alpha\beta}^{(1)})/n_a] + 1$ ;  
 $\gamma = v(H_{\alpha\beta}^{(1)}) - ([v(H_{\alpha\beta}^{(1)})/n_a] n_a) + 1$ .

Процесс формирования массива  $H^{(1)}$  заканчивается тогда, когда  $\alpha = m_a$ , а  $\beta = n_a$ . Формирование массива  $H^{(2)}$  из элементов  $h_{\alpha\beta}$ , для которых выполняется условие

$$\theta(h)_{\alpha\beta} > K(h)_{\text{пор}}, \quad (3)$$

осуществляется на основе оставшихся элементов массива  $H$ , динамические диапазоны которых не удовлетворяют неравенству (2). Правило пересчета координат элементов массива  $H$  в координаты элементов массива  $H^{(2)}$  задается следующим правилом: если величина  $\theta(h)_{\alpha\beta}$  удовлетворяет неравенству (2), то координаты очередного элемента  $h_{\alpha, \beta+1}$  (если  $\beta+1 \leq n_a$ ) или  $h_{\alpha+1, 1}$  (если  $\beta+1 > n_a$ ) массива  $H$  будут равны:  $\xi = \alpha$ ;  $\gamma = \beta$ . После того, как закончено формирование массива  $H^{(1)}$ , заканчивается процесс образования массива  $H^{(2)}$ . Если после получения массива  $H^{(1)}$  выполняется неравенство  $(v(H^{(1)})/n_a) > [v(H^{(1)})/n_a]$ , то количество элементов  $v(H^{(1)})$  в массиве  $H^{(1)}$  не является кратным  $n_a$ . Тогда последняя строка данного массива не будет заполнена полностью. В этом случае предлагается условно заполнять не достающие элементы нулевыми значениями. Процесс формирования массивов  $L^{(1)}$  и  $L^{(2)}$  для известного значения порога  $K(\ell)_{\text{пор}}$  осуществляется аналогично с процессом разбиения массива цветковых координат на два изофотных уровня. В результате выполнения данного этапа обеспечивается:

– распределение позиций в массивах  $L$  и  $H$  на подмассивы соответственно значений длин апертур и их цветковых координат нижнего и верхнего изофотных уровней;

– массивы  $\Theta(\ell)$  и  $\Theta(h)$ , состоящие из значений ограничений на динамический диапазон соответственно длин апертур  $\theta(\ell)_{\xi\gamma}$  и цветковых координат  $\theta(h)_{\xi\gamma}$  разбиваются соответственно на подмассивы:

$$\Theta(\ell)^{(1)} = \{\theta(\ell)_{\xi\gamma}^{(1)}\}; \quad \Theta(h)^{(1)} = \{\theta(h)_{\xi\gamma}^{(1)}\}; \quad \Theta(\ell)^{(2)} = \{\theta(\ell)_{\xi\gamma}^{(2)}\}; \quad \Theta(h)^{(2)} = \{\theta(h)_{\xi\gamma}^{(2)}\},$$

где  $\theta(\ell)_{\xi\gamma}^{(1)}$ ,  $\theta(\ell)_{\xi\gamma}^{(2)}$  – ограничения на динамический диапазон величин  $\ell_{\xi\gamma}^{(1)}$  и  $\ell_{\xi\gamma}^{(2)}$ ;  $\theta(h)_{\xi\gamma}^{(1)}$ ,  $\theta(h)_{\xi\gamma}^{(2)}$  – ограничения на динамический диапазон величин  $h_{\xi\gamma}^{(1)}$  и  $h_{\xi\gamma}^{(2)}$ .

**Разработка двухизофотного апертурного кодирования.** После того, как сформированы массивы  $L^{(1)}$ ,  $H^{(1)}$  нижнего изофотного уровня и массивов  $L^{(2)}$ ,  $H^{(2)}$  верхнего изофотного уровня организуется процесс формирования кодов-номеров  $N(\ell)_u^{(1)}$ ,  $N(h)_v^{(1)}$  и  $N(\ell)_u^{(2)}$ ,  $N(h)_v^{(2)}$ . Процесс кодирования величин  $\ell_{\xi\gamma}^{(2)}$  и  $h_{\xi\gamma}^{(2)}$  состоит из следующих действий:

1. Формируются величины  $s(\ell)_{\xi\gamma}^{(2)}$  и  $s(h)_{\xi\gamma}^{(2)}$  представляющие собой основания  $\xi, \gamma$ -х элементов соответственно массива верхнего изофотного уровня длин апертур и массива верхнего изофотного уровня цветowych координат. Для этого используются следующие выражения:

$$s(\ell)_{\xi\gamma}^{(2)} = \theta(\ell)_{\xi\gamma}^{(2)} - \mu(\ell)^{(2)}; \quad s(h)_{\xi\gamma}^{(2)} = \theta(h)_{\xi\gamma}^{(2)} - \mu(h)^{(2)}. \quad (4)$$

2. Проводится понижение значений исходных динамических диапазонов элементов массивов  $L^{(2)}$  и  $H^{(2)}$ :

$$\ell_{\xi\gamma}^{(2)} = \Delta\ell_{\xi\gamma}^{(2)} + \mu(\ell)^{(2)}; \quad h_{\xi\gamma}^{(2)} = \Delta h_{\xi\gamma}^{(2)} + \mu(h)^{(2)}. \quad (5)$$

3. Вычисление величин  $N(\ell)_u^{(2)}$ ,  $N(h)_v^{(2)}$  организуется на основе выражений:

$$N(\ell)_u^{(2)} = \sum_{\xi=1}^{m_a^{(1)}} \sum_{\gamma=1}^{n_a} \Delta\ell_{\xi\gamma}^{(2)} \omega(\ell)_{\xi\gamma}^{(2)}; \quad N(h)_u^{(2)} = \sum_{\xi=1}^{m_a^{(1)}} \sum_{\gamma=1}^{n_a} \Delta h_{\xi\gamma}^{(2)} \omega(h)_{\xi\gamma}^{(2)}, \quad (6)$$

где  $\Delta\ell_{\xi\gamma}^{(2)}$ ,  $\Delta h_{\xi\gamma}^{(2)}$  – значения  $\xi, \gamma$ -х элементов соответственно массива верхнего изофотного уровня длин апертур и массива верхнего изофотного уровня цветowych координат с учетом понижения их динамического диапазона соответственно на значения  $\mu(\ell)^{(2)}$  и  $\mu(h)^{(2)}$ ;  $\omega(\ell)_{\xi\gamma}^{(2)}$ ,  $\omega(h)_{\xi\gamma}^{(2)}$  – значения весовых коэффициентов  $\xi, \gamma$ -х элементов массивов  $L^{(2)}$ ,  $H^{(2)}$ , равные накопленному произведению оснований

$$\omega(\ell)_{\xi\gamma}^{(2)} = \prod_{\xi=\gamma+1}^{n_a} \theta(\ell)_{\xi\xi}^{(2)} \prod_{k=\xi+1}^{m_a^{(1)}} \prod_{\gamma=1}^{n_a} \theta(\ell)_{k\gamma}^{(2)};$$

$$\omega(h)_{\xi\gamma}^{(2)} = \prod_{\zeta=\gamma+1}^{n_a} \theta(h)_{\xi\zeta}^{(2)} \prod_{k=\xi+1}^{m_a^{(1)}} \prod_{\gamma=1}^{n_a} \theta(h)_{k\gamma}^{(2)}.$$

Процесс вычисления значений кодов-номеров  $N(\ell)_u^{(1)}$  и  $N(h)_v^{(1)}$  нижнего изофотного уровня осуществляется на основе соотношений:

$$N(\ell)_u^{(1)} = \sum_{\xi=1}^{m_a^{(1)}} \sum_{\gamma=1}^{n_a} \ell_{\xi\gamma}^{(1)} \omega(\ell)_{\xi\gamma}^{(1)}; \quad N(h)_u^{(1)} = \sum_{\xi=1}^{m_a^{(1)}} \sum_{\gamma=1}^{n_a} h_{\xi\gamma}^{(1)} \omega(h)_{\xi\gamma}^{(1)}. \quad (7)$$

Таким образом, по окончанию данного этапа процесса сжатия, заданного выражениями (4) – (7) образуются значения кодов-номеров  $N(\ell)_u^{(1)}$ ,  $N(h)_v^{(1)}$  и  $N(\ell)_u^{(2)}$ ,  $N(h)_v^{(2)}$  соответственно для апертурных характеристик нижнего и верхнего уровней.

**Заключение.** Разработан метод сжатия изображений на основе двухизофотного апертурного представления. Данный метод обеспечивает сжатие изображений без потери качества на основе:

- устранения структурной избыточности, обусловленной наличием в изображениях областей со слабым изменением цвета и структурных свойств;
- статистической избыточности за счет выявления закономерностей вызванных коррелируемостью изображений;
- структурной избыточностью, обусловленной неравномерностью распределения динамических диапазонов массивов апертурных характеристик.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Ватолин В.И., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.*
2. *Поляков П.Ф., Баранник В.В., Королева Н.А. Метод комбинированного полиадического кодирования массивов длин серий // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2001. – № 5. – С. 42-46.*
3. *Баранник В.В., Гуржий П.Н. Кодирование массивов цветowych координат в разностном полиадическом пространстве // Радіоелектронні та комп'ютерні системи. – 2005. – №1 (9). – С. 44-49.*

*Поступила 15.05.2006*

**Рецензент:** доктор технических наук, профессор Ю.В. Стасев,  
Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба