

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 α -й строки и β -м столбца соответственно для массивов длин аппретур ($d(\ell)_{\alpha}$, $d(\ell)_{\beta}$) и цветowych 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 (α, β) -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 цветовых 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 цветовых 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 цветовых 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 двухизотопного апертурного кодирования. После того, как сформированы массивы $L^{(1)}$, $H^{(1)}$ нижнего изотопного уровня и массивов $L^{(2)}$, $H^{(2)}$ верхнего изотопного 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 ξ, γ -х элементов соответственно массива верхнего изотопного уровня длин апертур и массива верхнего изотопного уровня цветовых 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:

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

где $\Delta\ell_{\xi\gamma}^{(2)}$, $\Delta h_{\xi\gamma}^{(2)}$ – значения ξ, γ -х элементов соответственно массива верхнего изотопного уровня длин апертур и массива верхнего изотопного уровня цветовых 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 ξ, γ -х элементов массивов $L^{(2)}$, $H^{(2)}$, равные накопленному произведению оснований

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

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

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