

УДК 621.327:681.5

В.П. Поляков¹, Д.Н. Калашник²¹Українська державна академія залізничного транспорту, Харків²Харківський університет Воздушних Сил ім. І. Кожедуба, Харків

МЕТОД КОДИРОВАНИЕ СЛУЖЕБНЫХ ДАННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СЖАТИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Обосновано, что для повышения степени сжатия изображений без дополнительных потерь их качества на основе двухизотопного апертурного кодирования требуется осуществлять компактное представление служебных данных. Излагается кодирование служебных данных, основанное на раздельной обработке массивов, состоящих из величин максимальных и минимальных уровней динамических диапазонов. Кодирование массивов служебных данных проводится в разностном пространстве диапазонных уровней. Проводится оценка степени сжатия изображений на основе двухизотопного апертурного кодирования и кодирования массивов служебных данных.

Ключевые слова: апертурное представление, компрессия служебных данных.

Введение

Постановка проблемы и анализ литературы. В процессе функционирования информационных систем (ИС) возникает проблема, связанная с наличием противоречия между цифровыми объемами видеоданных и ограниченными пропускными способностями систем передачи данных [1]. Для сокращения объемов видеоданных используются технологии их сжатия. Отсюда **цель исследований** данной статьи состоит в снижении нагрузки на сети передачи данных за счет сокращения объемов передаваемых данных. Величина коэффициента сжатия зависит от [2, 3]:

- типа и количества устраняемой избыточности;
- режима обработки, а именно: с потерей качества восстановленных изображений и без потери качества.

Наибольшие степени сжатия достигаются для режима с потерей качества. Наоборот, при сохранении высокого качества изображений происходит снижение степени компрессии. В связи с этим актуальное направление исследований состоит в разработке методов сжатия с контролируемой потерей качества [3, 4]. Представителем методов такого класса является метод компрессии на основе выявления двухизотопных апертурных характеристик. В этом случае компактное представление достигается не только за счет исключения психовизуальной избыточности, но и таких видов избыточности как:

- 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.

Однако обеспечиваемая степень сжатия изображений на основе апертурных методов является достаточной не для всех прикладных направлений. Для расширения прикладных областей, для которых будет эффективным применение апертурного метода, необходимо обеспечить дополнительное повышение степени сжатия без потери качества изображений.

Поэтому **научная задача** заключается в обосновании и разработки подхода относительно дополнительного повышения степени сжатия для методов компрессии изображений на основе формирования апертурных характеристик.

Обоснование подхода для улучшения характеристик апертурных методов сжатия

Отличительной особенностью процесса сжатия изображений на основе двухизотопного апертурного представления является этап, связанный с распределением элементов $\ell_{\alpha\beta}$ массива L длин апертур и элементов $h_{\alpha\beta}$ массива H цветовых координат апертур на два массива. Для массива длин апертур формируются подмассивы $L^{(1)}$, $L^{(2)}$, а для массива цветовых координат апертур образуются подмассивы $H^{(1)}$, $H^{(2)}$. Элементами массивов $L^{(1)}$ и $H^{(1)}$ являются величины $\ell_{\xi\gamma}^{(1)}$, $h_{\xi\gamma}^{(1)}$ образующие нижний изотопный уровень. Соответственно для массивов $L^{(2)}$ и $H^{(2)}$ величины $\ell_{\xi\gamma}^{(2)}$, $h_{\xi\gamma}^{(2)}$ являются элементами верхнего изотопного уровня. Для разбиения исходного динамического диапазона на два изотопных уровня требуется знание служебной 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 апертур ($d(\ell)_\alpha$, $d(\ell)_\beta$) и цветовых координат ($d(h)_\alpha$ и $d(h)_\beta$):

$$\theta(\ell)_{\alpha\beta} = \min \{d(\ell)_\alpha; d(\ell)_\beta\};$$

$$\theta(h)_{\alpha\beta} = \min \{d(h)_\alpha; d(h)_\beta\}.$$

Следовательно, суммарное количество разрядов $W_{\text{нэ}}$:

$$W_{\text{нэ}} = \frac{Z_{\text{нδδ}} \times Z_{\text{нδá}}}{\ell_{\text{нδ}}^{\delta} m_a n_a} (W_{\text{éδ}}^{(1)} + W_{\text{éá}}^{(1)}) + W_{\text{нэ}}$$

на кодовое представление сжатого изображения включает количество разрядов, затрачиваемое на информационную и служебные части. Отсюда коэффициент сжатия $k_{\text{нэ}}$ находится по формуле

$$k_{\text{нэ}} = \frac{W}{W_{\text{нэ}}} = \frac{W \ell_{\text{нδ}}^{\delta} m_a n_a}{Z_{\text{нδδ}} \times Z_{\text{нδá}} (W_{\text{éδ}}^{(1)} + W_{\text{éá}}^{(1)}) + W_{\text{нэ}}}, \quad (1)$$

где W – цифровой объем исходного изображения; $Z_{\text{нδδ}} \times Z_{\text{нδá}}$ – размеры изображения; $m_a n_a$ – размеры массивов апертурных характеристик; $W_{\text{éδ}}^{(1)}$, $W_{\text{éá}}^{(1)}$ – количество разрядов, отводимое на представление кода соответственно для массива цветовых координат апертур и массива длин апертур; $W_{\text{нэ}}$ – цифровой объем на служебную часть сжатого представления.

В табл. 1 приведено количество разрядов, затрачиваемое на служебную информацию в случае двухизотопного представления массивов цветовых координат апертур.

Анализ формулы (1) и данных, приведенных в табл. 1 можно сделать выводы о том, что при служебная информация занимает до 30% объема сжатого изображения. В связи с этим дополнительное увеличение коэффициента сжатия без потери качества изображений обеспечивается в результате снижения объемов видеоданных на основе уменьшения затрат количества разрядов на представление служебной информации.

Таблица 1

Зависимость величины $W_{\text{нэ}}$ от $m_a n_a$

| $m_a n_a$ | $W_{\text{нэ}}$ |
|-----------|-----------------|
| 8×8 | 192 |
| 16×16 | 284 |
| 32×32 | 768 |
| 64×64 | 1536 |
| 128×128 | 3072 |
| 256×256 | 6144 |
| 512×512 | 12288 |
| 1024×1024 | 24576 |

Следовательно, требуется разработать метод сжатия служебных данных, формируемых в процессе компрессии изображений на основе выявления апертурных характеристик.

Разработка метода сжатия служебных данных

Для осуществления сжатия служебной информации предлагается представлять ее в разностном пространстве. В этом случае учитываются нижние $d(\min)_\alpha$ и верхние $d(\max)_{\alpha\beta}$ уровни динамических диапазонов величин $\ell_{\alpha\beta}$ и $h_{\alpha\beta}$. Для сокращения формируемых вспомогательных данных необходимо из отдельных компонент служебных данных построить двумерные массивы. Величины $d(\min)_\alpha$ и $d(\max)_{\alpha\beta}$ имеют существенно разный динамический диапазон. Поэтому для повышения гибкости обработки предлагается строить отдельно массивы, состоящие из значений $d(\max)_{\alpha\beta}$ и массивы, состоящие из значений $d(\min)_\alpha$. В противном случае при формировании общих массивов на базе величин $d(\min)_\alpha$ и $d(\max)_{\alpha\beta}$ происходит снижение коэффициента сжатия.

Кроме того, дополнительное увеличение степени сжатия массивов служебных данных обеспечивается в случае изменение начального уровня отсчета кодов в разностном пространстве. Для этого предлагается производить выбор начального уровня, в зависимости от текущей величины динамических диапазонов обрабатываемых значений. Разностное пространство основывается на векторе R ограничений на динамический диапазон значений длин расстояний

$$R = \{r_{1j}^{\text{нá}}, r_{2j}^{\text{нá}}, \dots, r_{mj}^{\text{нá}}\}, \quad (2)$$

где $r_{ij}^{\text{нá}}$ – разность между максимальным $\psi_{ij}^{\text{нá}}$ и минимальным $\mu_i^{\text{нá}}$ значениями в i -й строке массива служебной информации:

$$r_{ij}^{\text{нá}} = \psi_{ij}^{\text{нá}} - \mu_i^{\text{нá}};$$

$$\mu_i^{\text{нá}} = \min_{1 \leq j \leq n} \{u_{ij}\}, \quad i = \overline{1, m}. \quad (3)$$

Здесь u_{ij} – элемент обрабатываемого массива служебной информации. При этом учитывается, что величины u_{ij} выражают элементы массивов, образованных для нижних и верхних диапазонных уровней длин апертур и их цветовых координат:

$$\mu_i^{\text{нá}} \leq u_{ij} < \psi_{ij}^{\text{нá}}.$$

Обозначим длину расстояния от текущего массива служебных данных до минимального и максимального уровней разностного пространстве как $N(\min)^{\text{нá}}$ и $N(\max)^{\text{нá}}$:

$$N(\min)^{\text{нá}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Delta u_{ij}^{(\min)} \prod_{\xi=j+1}^n r_{i\xi}^{\text{нá}} \prod_{\gamma=i+1}^m \prod_{\xi=1}^n r_{\gamma\xi}^{\text{нá}}; \quad (4)$$

$$N(\max)^{\text{нá}} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \Delta u_{ij}^{(\max)} \prod_{\xi=j+1}^n r_{i\xi}^{\text{нá}} \prod_{\gamma=i+1}^m \prod_{\xi=1}^n r_{\gamma\xi}^{\text{нá}}, \quad (5)$$

где m и n – количество строк и столбцов в массиве служебных данных; $\Delta u_{ij}^{(\min)}$, $\Delta u_{ij}^{(\max)}$ – разности соответственно относительно верхнего и нижнего уровней разностного пространства.

При этом с учетом соотношения (4) выполняется неравенство

$$N(\min)^{\tilde{n}a} \neq N(\max)^{\tilde{n}a}.$$

Поэтому для дополнительного уменьшения объема кодового представления массива служебных данных предлагается гибко выбирать начальный уровень отсчета кода. После этого производить кодирование параллельно для нижнего и верхнего уровней отсчета, при этом из двух кодов выбрать минимальное $N^{\tilde{n}a}$:

$$N^{\tilde{n}a} = \min \{ N(\min)^{\tilde{n}c}, N(\max)^{\tilde{n}c} \}. \quad (6)$$

Таким образом, выражения (2) – (6) позволяют вычислить коды для массивов служебных данных в разностной системе оснований.

Количество разрядов $\ell \log_2 N^{\tilde{n}a}$ на представление величины $N^{\tilde{n}a}$ находится на основе следующих выражений:

$$\ell \log_2 N^{\text{cd}} = \begin{cases} \ell \log_2 N(\min)^{\text{cd}}, \rightarrow N(\min)^{\text{cd}} < N(\max)^{\text{cd}}; \\ \ell \log_2 N(\max)^{\text{cd}}, \rightarrow N(\min)^{\text{cd}} > N(\max)^{\text{cd}}. \end{cases}$$

Проведенная оценка степени сжатия изображений на основе двухизофотного апертурного кодирования с учетом дополнительной компрессии служебных данных показала, что минимальная степень сжатия составляет 1,9 раза, а минимальная дополнительная степень сжатия массивов цветовых координат апертур при обработке служебных данных равна 1,2 раза.

МЕТОД КОДУВАННЯ СЛУЖБОВИХ ДАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СТИСКУ ЗОБРАЖЕНЬ

В.П. Поляков, Д.М. Калашник

Обґрунтовано, що для підвищення ступеня стискування зображень без додаткових втрат їх якості на основі двоізофотного апертурного кодування потрібно здійснювати компактне представлення службових даних. Висловлюється кодування службових даних, засноване на роздільній обробці масивів, що складаються з величин максимальних і мінімальних рівнів динамічних діапазонів. Кодування масивів службових даних проводиться в різницево-му просторі діапазонних рівнів. Проводиться оцінка ступеня стискування зображень на основі двоізофотного апертурного кодування і кодування масивів службових даних.

Ключові слова: апертурне уявлення, компресія службових даних.

A METHOD ENCODING OF OFFICIAL DATA OF TECHNOLOGICAL PROCESS OF COMPRESSION OF IMAGES

V.P. Polyakov, D.N. Kalashnik

It is grounded, that for the increase of degree of compression of images without the additional losses of their quality on basis two izofoty aperture of encoding it is required to carry out compact presentation of official information. Encoding of official data, based on separate treatment of arrays, consisting of sizes of maximal and minimum levels of dynamic ranges is expounded. Encoding of arrays of official data is conducted in raznostnom space of range levels. The estimation of degree of compression of images is conducted on basis two izofota aperture of encoding and encoding of arrays of official data.

Keywords: aperture presentation, compression of official information.

Выводы

1. Обосновано, что для повышения степени сжатия изображений без дополнительных потерь их качества на основе двухизофотного апертурного кодирования требуется осуществлять компактное представление служебных данных,

2. Разработано кодирование массивов служебных данных в разностном пространстве диапазоновых уровней. При этом для дополнительного уменьшения объема кодового представления массива служебных данных осуществляется следующая обработка: из отдельных компонент служебных данных формируются двумерные массивы; организуется гибкий выбор начального уровня отсчета кода в разностном пространстве. Это позволяет снизить затраты на представление служебной информации при кодировании в 1,9 раза.

2. Показано, что кодирование массивов служебных данных позволяет увеличить коэффициент сжатия массивов цветовых координат апертур минимум в 1,2 раза относительно случая, когда обработка служебных данных не проводится.

Список литературы

1. Уолрэнд Дж. Телекоммуникационные и компьютерные сети / Дж. Уолрэнд. – М.: Постмаркет, 2001. – 480 с.
2. Ватолин В.И. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео / В.И. Ватолин, А. Ратушняк, М. Смирнов, В. Юкин. – М.: ДИАЛОГ. – МИФИ, 2002. – 384 с.
3. Бондарев В.Н. Цифровая обработка сигналов: методы и средства / В.Н. Бондарев, Г. Трестер, В.С. Чернега. – Севастополь: СевГТУ, 1999. – 398 с.
4. Баранник В.В. Обоснование возможности компактного представления длин серий полиадическими кодами / В.В. Баранник, Н.А. Королева // Системы обработки информации. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2001. – Вып. 4(14). – С. 72-77.

Поступила в редколлегию 10.02.2009

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