

## ДВУХУРОВНЕВОЕ ИЗОФОТНОЕ КОДИРОВАНИЕ ЦВЕТОВЫХ КООРДИНАТ

к.т.н. В.В. Баранник, к.т.н. Н.А. Королёва, П.Н. Гуржий  
(представил д.т.н., проф. О.Н. Фоменко)

*Излагается метод сжатия на основе смешанного полиадического кодирования двух динамических уровней массивов цветковых координат. Проводится оценка дополнительного повышения степени сжатия изображений.*

**Введение.** В настоящее время наиболее экономически выгодным направлением снижения суммарного времени на обработку и передачу видеоданных в телекоммуникационных системах является использование подсистем сжатия видеоданных. Однако, современные методы позволяют снизить требования к вычислительным системам и к каналам связи в случае сжатия с безвозвратными потерями качества [1 – 5]. Поэтому для приложений, требующих доведение достоверной видеоинформации, необходимо использовать методы сжатия без потери качества восстановленных изображений. При этом необходимо учитывать не только ограниченные пропускные способности каналов связи (порядка  $10^6$  бит/с), но и ограниченные скорости обработки (порядка  $10^7$  оп/с).

Одним из наиболее эффективных методов сжатия видеоданных является метод, основанный на разностном полиадическом кодировании массивов цветковых координат [6]. В этом случае сжатие данных обеспечивается за счет исключения структурной избыточности в фрагментах исходных изображений (области одинакового цветкового уровня) и в массивах цветковых координат (области со свойствами когерентности). В тоже время степень сжатия видеоданных на основе данного метода снижается при обработке фрагментов изображений с неоднородной структурой. Отсюда следует, что **целью статьи** является разработка кодирования массивов цветковых координат, учитывающего неоднородность фрагментов изображений и ограниченные возможности вычислительных систем по скорости выполнения арифметических операций.

**Разработка двухуровневого изофотного кодирования цветковых координат.** Для осуществления взаимодозначного сжатия изображений на ос-

нове двухизофотного кодирования в смешанном полиадическом пространстве обработка должна состоять из нижеперечисленных основных этапов.

**На первом этапе** определяется полигон оснований  $\Psi$ , задающих максимальные значения динамического диапазона  $\psi_{ij}$  для каждого элемента  $c_{ij}$  массива цветовых координат  $\Psi = \{\psi_{ij}\}$ :

$$c_{ij} \leq \psi_{ij} - 1; \quad \psi_{ij} = \min(\lambda_i, \chi_j), \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n}; \quad (1)$$

$$\lambda_i = \max_{1 < j < n} \{c_{ij}\} + 1; \quad \chi_j = \max_{1 < i < m} \{c_{ij}\} + 1, \quad (2)$$

где  $m, n$  – соответственно количество строк и столбцов в массиве цветовых координат;  $\lambda_i, \chi_j$  – соответственно максимальное значение в  $i$ -й строке и  $j$ -м столбце.

После формирования полигона динамических диапазонов осуществляется разбиение массива цветовых координат на два изофотных уровня.

**Второй этап** кодирования состоит в нахождении порога разделения исходного диапазона на два уровня. При этом для повышения степени сжатия предлагается определять величину порога  $K_{\text{пор}}$  из расчета разделения динамического диапазона исходного массива цветовых координат на два равных диапазонных уровня. В этом случае сначала вычисляется значение половины между максимальным  $\Psi_{\text{max}}$  и минимальным  $\Psi_{\text{min}}$  значениями динамического диапазона в полигоне оснований  $\Psi$ :

$$\frac{\Psi_{\text{max}} - \Psi_{\text{min}}}{2}, \quad \text{где } \Psi_{\text{max}} = \max_{1 < j < n; 1 < i < m} \{\psi_{ij}\}, \quad \Psi_{\text{min}} = \min_{1 < j < n; 1 < i < m} \{\psi_{ij}\}. \quad \text{Тогда}$$

значение порога вычисляется как средний уровень в полигоне оснований для текущего массива цветовых координат, т.е.

$$K_{\text{пор}} = \Psi_{\text{min}} + \frac{\Psi_{\text{max}} - \Psi_{\text{min}}}{2} = \frac{\Psi_{\text{max}} + \Psi_{\text{min}}}{2}. \quad (3)$$

На основе полученного порога правило разбиения исходного массива цветовых координат на две области нижнего диапазонного уровня и верхнего диапазонного уровня имеет вид:

– если выполняется неравенство

$$\psi_{ij} \leq K_{\text{пор}}, \quad (4)$$

то элемент  $c_{ij}$  относят к области ограниченного диапазона (нижняя изофота)  $c_{ij}^{(1)} = c_{ij}$ ;

– в противном случае, когда

$$\psi_{ij} > K_{\text{пор}}, \quad (5)$$

то соответствующий элемент  $c_{ij}$  является компонентой области высоких диапазонов (верхняя изофота)  $c_{ij}^{(2)} = c_{ij}$ .

Выражение (3) для вычисления величины  $K_{\text{пор}}$  не требует введения дополнительной служебной информации и больших вычислительных затрат. Значит процесс разбиения не повлияет на увеличение сложности обработки изображений.

Элементы областей нижней  $c_{ij}^{(1)}$  и верхней  $c_{ij}^{(2)}$  изофоты могут находиться на разных позициях в массиве цветовых координат. Поэтому на очередном этапе обработки необходимо из отобранных элементов сформировать наиболее полные массивы для упрощения процесса кодирования.

**Третий этап** выполняется для формирования массивов элементов нижнего и верхнего изофотных уровней. При этом требуется учесть то, что:

- заполнение массивов необходимо проводить по строкам. Поскольку это соответствует направлению кодирования;
- в случае заполнения неполной строки элементом из другой строки, имеющего больший диапазон необходимо пересчитать диапазоны для элементов всей строки.

В соответствии данным требованиям правило формирования массивов двух диапазонных уровней примет следующий вид:

1) сначала отбираются элементы нижнего уровня, удовлетворяющие неравенству (4), при этом массив нижнего изофотного уровня заполняется по строкам слева-направо, а недостающие элементы заполняются нулевыми значениями; на месте отобранного элемента в массиве цветовых координат записывается нулевое значение;

2) формирование массива второго уровня заключается в замене нулевых значений полученных на первом уровне элементами из других строк.

**Четвертый этап** служит для формирования кода-номера  $N^{(v)}$  массива нижнего изофотного уровня. Поскольку элементы этого уровня имеют ограниченный диапазон, то код-номер определяется в результате абсолютного полиадического кодирования. Такое кодирование задается выражением

$$N^{(v)} = \sum_{i=1}^v c_{ij}^{(1)} \prod_{\xi=i+1}^v \psi_{\xi j}, \quad (6)$$

где  $v$  – количество элементов в массиве цветовых координат, соответствующих нижнему изофотному уровню.

Для формирования кода-номера массиву верхнего изофотного уровня выполняется следующий этап кодирования.

**Пятый этап** состоит в организации разностного полиадического кодирования массивов цветовых координат, принадлежащих верхнему изофотному уровню. Для этого в начале формируются величины  $\mu_i$  нижнего уровня диапазона

$$s_{ij} = \psi_{ij} - \mu_i; \quad \mu_i = \min_{1 \leq j \leq n} \{c_{ij}^{(2)}\}, i = \overline{1, m_{\text{цв}}}; \quad \mu_i \leq c_{ij}^{(2)} < \psi_{ij}, \quad (8)$$

где  $s_i$  – разность между минимальным  $\mu_i$  и максимальным  $\psi_{ij}$  значениями в  $i$ -й строке массива элементов верхнего уровня.

С учетом выражений (7) и (8) разностное кодирование второго изофотного уровня определяется формулой

$$R^{(v)} = \min \{R(\min)^{(v)}, R(\max)^{(v)}\}, \quad (9)$$

где  $R^{(v)}$  – код-номер, равный минимальному между кодом-номером в разностном полиадическом пространстве относительно нижнего уровня  $R(\min)^{(v)}$  и относительно верхнего уровня  $R(\max)^{(v)}$  диапазона обрабатываемого массива:

$$R(\min)^{(v)} = \sum_{i=1}^v \Delta c_{ij}^{(\min)} \prod_{\xi=i+1}^v s_{\xi j}; \quad R(\max)^{(v)} = \sum_{i=1}^v \Delta c_{ij}^{(\max)} \prod_{\xi=i+1}^v s_{\xi j}; \quad (10)$$

$v$  – количество элементов в массиве цветовых координат верхнего диапазона;

$$\Delta c_{ij}^{(\min)} = c_{ij}^{(2)} - \mu_i; \quad \Delta c_{ij}^{(\max)} = \psi_{ij} - 1 - c_{ij}^{(2)}. \quad (11)$$

**Экспериментальная оценка степени сжатия.** Оценка степени сжатия проводилась для реалистических изображений (размером  $3000 \times 2000$  элементов) класса фотографий с искусственного спутника Земли (ИСЗ). Обработка осуществлялась на вычислительной машине с микропроцессором Intel Pentium 800 МГц и оперативной памятью объемом 128 Мбайт (эквивалентной классу машин на борту ИСЗ). При этом время на обработку не превысило  $0,3 \times 10^{-3}$  с. Минимальное увеличение степени сжатия относительно разностного кодирования составило 1,3 раза.

## **Заключение.**

1. Разработано двухизофотное кодирование массивов цветовых координат в смешанном полиадическом пространстве. В этом случае дополнительное сжатие изображений обеспечивается в результате выделения областей с ограниченным и когерентным динамическим диапазоном, а также за счет сокращения количества разрядов, отводимых на представление информации о нижнем уровне диапазона массивов цветовых координат.

2. Экспериментальная оценка степени сжатия разработанного метода на основе обработки реалистических изображений показала, что наименьший выигрыш по сравнению с разностным полиадическим кодированием составил 1,3 раза. При этом количество операций на обработку увеличилось максимум на 10%, что позволяет обрабатывать изображения размером  $3000 \times 2000$  за  $0,3 \times 10^{-3}$  с (реальное время).

## **ЛИТЕРАТУРА**

1. Зубарев Ю.В., Дворкович В.П. *Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений*. – М.: Международный центр научной и технической информации, 1997. – 212 с.
2. Ватолин В.И., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. *Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео*. – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.
3. Королёв А.В. *Обобщенная оценка информативности по отдельному признаку* // Проблемы бионики. – 2002. – С. 56 – 59.
4. Королёв А.В., Баранник В.В. *Оценка степени сжатия* // Электронное моделирование. – 2002. – № 4. – С. 33 – 42.
5. Баранник В.В., Гуржий П.Н., Коробка А.Г., Наринчак И.В. *Анализ направлений дополнительного повышения степени сжатия изображений без потери качества* // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 11 (39). – С. 3 – 6.

Поступила 10.12.2004

**БАРАННИК Владимир Викторович**, канд. техн. наук, старший научный сотрудник научно-исследовательского отдела Харьковского университета Воздушных сил. В 1994 году окончил ХВУ. Область научных исследований – обработка и передача информации.

**КОРОЛЁВА Наталия Анатолієвна**, канд. техн. наук, доцент кафедры "Транспортная связь" Украинской государственной академии железнодорожного транспорта. В 1999 году окончила ХарГАЖТ. Область научных исследований – обработка и передача информации.

**ГУРЖИЙ Павел Николаевич**, адъюнкт Харьковского университета Воздушных Сил. В 2001 году окончил КВИУС. Область научных исследований – обработка и передача информации.