

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 цветового 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 Ψ , задающих максимальные значения динамического диапазона ψ_{ij} для каждого элемента c_{ij} массива цветowych 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 цветowych координат; λ_i, χ_j – соответственно максимальное значение в i -й строке и j -м столбце.

После формирования полигона динамических диапазонов осуществляется разбиение массива цветowych 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 цветowych координат на два равных диапазонных уровня. В этом случае сначала вычисляется значение половины между максимальным ψ_{max} и минимальным ψ_{min} значениями динамического диапазона в полигоне оснований Ψ :

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

значение порога вычисляется как средний уровень в полигоне оснований для текущего массива цветowych 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 цветowych 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 μ_i нижнего уровня диапазона

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

где s_i – разность между минимальным μ_i и максимальным Ψ_{ij} значениями в i -й строке массива элементов верхнего уровня.

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

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

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 3000×2000 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 3000×2000 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 // Системы обработки информации.* – Х.: ХВУ. – 2004. – Вып. 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 Анатольевна, 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.