

## МЕТОД ТРЕХМЕРНОГО СТРУКТУРНОГО КОДИРОВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ

к.т.н. В.В. Баранник

(представил д.т.н., проф. О.Н. Фоменко)

*Разрабатывается метод сжатия изображений без внесения погрешности на основе сокращения структурной избыточности, обусловленной выявлением закономерностей в трехмерном пространстве.*

**Введение.** Особенность современных информационно-вычислительных систем заключается в обработке и передачи больших объемов видеоданных (до  $10^3$  Гбит). При этом скорости обработки и передачи данных по каналам связи являются ограниченными. Это приводит к существенным задержкам (до десятков минут) и к потере важной информации. Одно из экономически выгодных направлений решения данного противоречия состоит в компактном представлении видеоданных путем исключения избыточности изображений без внесения погрешности.

Существующие методы сжатия делятся на два основных класса не вносящие и вносящие погрешности [1 – 4]. Методы, не вносящие погрешность, сокращают в основном статистическую и структурную избыточность в одномерном и двумерном пространствах. При этом степень сжатия реалистических изображений достигает в среднем уровня лишь 2 – 3,5 раз [1, 2]. Такие степени сжатия являются недостаточными для передачи видеоданных в реальном времени по существующим каналам связи. Другая группа методов обеспечивает степень сжатия относительно методов первой группы на порядок больше. Однако, вносимые погрешности могут привести к безвозвратной потере важной информации [3, 4].

В работах [5, 6] изложена принципиально новая концепция к идеи компактного представления видеоданных. Ее отличительная особенность заключается в устранении избыточности изображений на основе выявления закономерностей по нескольким признакам (версии) различной физической природы. Данная теория дает возможность для разработки новых направлений сжатия изображений без внесения погрешности и с внесением контролируемой погрешности. Поэтому разработка новых методов компактного представления будет проводиться в рамках дальнейшего со-

вершенствования версификационной теории устранения избыточности изображений. Для этого предлагается организовывать сжатие видеоданных на основе устранения избыточности одновременно по трем различным структурным признакам в трехмерном представлении изображений. Таким образом, *целью статьи* является разработка метода трехмерного структурного кодирования изображений без внесения погрешности.

**Разработка метода структурного кодирования изображений.** Устранение структурной избыточности в трехмерном пространстве предлагается осуществлять с использованием трехмерной биномиально-полиадической нумерации [7, 8]. В связи с этим компактное представление трехмерных структур видеоданных будет включать в себя следующие этапы.

**На первом этапе** организуется уменьшение динамического диапазона трехмерных структур видеоданных (ТСВ) и вычисление значений структурных признаков изображений. Для уменьшения динамического диапазона элементов изображений по горизонтальному направлению каждый элемент  $a_{ijz}$  ТСВ уменьшается на минимальные значения по строкам горизонтальных сечений  $a_{\min_{iz}}$ :

$$a_{\min_{iz}} = \min_{1 \leq j \leq n} \{a_{ijz}\}; 1 \leq i \leq m; 1 \leq z \leq q,$$

где  $m$ ,  $n$ ,  $q$  – соответственно размеры ТСВ по количеству строк, столбцов и горизонтальных сечений.

Для уменьшения динамического диапазона элементов ТСВ по вертикальному направлению находятся элементы  $a''_{ijz}$  трехмерного биномиально-полиадического числа дополнительно усеченного по вертикальной координате

$$a''_{ijz} = a'_{ijz} - a'_{\min_{ij}},$$

где  $a'_{\min_{ij}}$  – минимальное значение по  $ij$ -й вертикали.

Значения величин  $a_{\min_{iz}}$  и  $a'_{\min_{ij}}$  являются структурными признаками соответственно по строкам и вертикалям ТСВ. Для нахождения дополнительных структурных признаков необходимо определить вектор  $\mathbf{W}$  сумм БП чисел зависящих от исходного трехмерного биномиально-полиадического числа (ТБП) на основе минимальных значений по вертикальной координате ТСВ. Компоненты вектора  $\mathbf{W}$  равны

$$w'_{1,1,1} = w'_{1,1,1} + a'_{\min_{1,1}}; \quad w''_{2,1,1} = w'_{2,1,1} + a'_{\min_{2,1}},$$

где  $w'_{ijz}$  – значение суммы элементов на  $ijz$ -м шаге обработки, равное

$$w'_{ijz} = \sum_{\varsigma=1}^{q-z} \sum_{\lambda=1}^n \sum_{\gamma=1}^m a''_{\gamma\lambda\varsigma} + \sum_{\chi=1}^{n-j} \sum_{\gamma=1}^m a''_{\gamma\chi z} + \sum_{\gamma=1}^{m-i+1} a''_{\gamma j z};$$

**На втором этапе** организуется формирование кода-номера  $N\left(W^{(3,\eta\xi)}, \Lambda^{(\eta\xi)}\right)_{\eta\xi}$  для трехмерных биномиально-полиадических чисел. Данный этап состоит из следующих действий:

1. В направлении по строкам, по столбцам, а затем по вертикалям, начиная с элемента  $b_{2\xi} = a''_{2,1,1}$  осуществляется отбор элементов ТСВ для формирования текущего биномиально-полиадического числа. Правило предварительной разметки ТСВ задается неравенством

$$\prod_{\gamma=1}^{\eta\xi} \lambda_{\gamma} \leq 2^M - 1. \quad (1)$$

После проведения предварительного отбора элементов ТСВ по правилу (1) проводится точный отбор на основе анализа значения биномиально-полиадического коэффициента  $V\left(W^{(3,\eta\xi)}, \Lambda^{(\eta\xi)}\right)_{\eta\xi}$ . Для этого проверяется неравенство

$$V\left(W^{(3,\eta\xi)}, \Lambda^{(\eta\xi)}\right)_{\eta\xi} \leq 2^M - 1. \quad (2)$$

Если неравенство (2) не выполняется, то оно рассматривается для очередного элемента трехмерной структуры видеоданных. В обратном случае элемент  $b_{\eta\xi}$  является допустимым и добавляется к  $\xi$ -ой последовательности, для которой вычисляется один код-номер.

2. Процесс определения кода номера с учетом добавленного элемента  $b_{\eta\xi}$  по известному значению биномиально-полиадического коэффициента заключается в вычислении значения  $V\left(W^{(3,\eta\xi)}, \lambda_{\eta\xi}^{(\eta\xi)} = b_{\eta\xi}, \Lambda^{(\eta\xi-1)}\right)_{\eta\xi}$  весового коэффициента  $\eta\xi$ -го элемента БП числа [7, 8].

3. Значение кода-номера  $N\left(W^{(3,\eta\xi)}, \Lambda^{(\eta\xi)}\right)_{\eta\xi}$  по известным значениям биномиально-полиадического  $V\left(W^{(3,\eta\xi)}, \Lambda^{(\eta\xi)}\right)_{\eta\xi}$  и весового  $V\left(W^{(3,\eta\xi)}, b_{\eta\xi}, \Lambda^{(\eta\xi-1)}\right)_{\eta\xi}$  коэффициентов, а также значению кода-номера

$N\left(W^{(3,\eta_\xi-1)}, \Lambda^{(\eta_\xi-1)}\right)_{\eta_\xi-1}$  на  $(\eta_\xi-1)$ -м шаге обработки ТСВ определя-

ется по формуле

$$N\left(W^{(3,\eta_\xi)}, \Lambda^{(\eta_\xi)}\right)_{\eta_\xi} = N\left(W^{(3,\eta_\xi-1)}, \Lambda^{(\eta_\xi-1)}\right)_{\eta_\xi-1} + V\left(W^{(3,\eta_\xi)}, \Lambda^{(\eta_\xi)}\right)_{\eta_\xi} + \\ + V\left(W^{(3,\eta_\xi)}, \lambda_{\eta_\xi}^{(\eta_\xi)} = b_{\eta_\xi}, \Lambda^{(\eta_\xi-1)}\right)_{\eta_\xi} + F\left(w_{\eta_\xi} - \lambda_{\eta_\xi}\right)_{\eta_\xi} - \quad (11) \\ \sum_{u=1}^2 F\left(w_{u,\eta_\xi} - \lambda_u - b_{\eta_\xi}\right)_{\eta_\xi} + F\left(\sum_{u=1}^2 w_{u,\eta_\xi} - w_{\eta_\xi} - \sum_{u=1}^2 \lambda_u - \lambda_{\eta_\xi}\right)_{\eta_\xi},$$

где  $F(w_{\eta_\xi} - b_{\eta_\xi})_{\eta_\xi}$ ,  $\sum_{u=1}^2 F(w_{u,\eta_\xi} - \lambda_u - b_{\eta_\xi})_{\eta_\xi}$  и

$F\left(\sum_{u=1}^2 w_{u,\eta_\xi} - w_{\eta_\xi} - \sum_{u=1}^2 \lambda_u - b_{\eta_\xi}\right)_{\eta_\xi}$  – весовые коэффициенты, зависящие от значения добавляемого элемента  $b_{\eta_\xi}$ .

После выполнения второго этапа структурного кодирования осуществляется переход на формирование кода-номера для очередного элемента  $b_{\eta_\xi+1}$  трехмерной структуры видеоданных. Процесс кодирования завершается после обработки всех трехмерных структур видеоданных, образованных для исходного изображения.

Экспериментальная обработка сильнонасыщенных изображений различных классов показывает, что значение коэффициента сжатия для разработанного метода структурного кодирования изменяется в среднем от 4,5 до 25 раз.

**Выводы.** Разработан метод трехмерного структурного кодирования изображений. Полученный метод позволяет:

1. Формировать код-номер для произвольного количества элементов трехмерных структур видеоданных с заранее неизвестными значениями суммы элементов и длиной биномиально-полиадического числа.
2. Организовать рекуррентное вычисление кода-номера после добавления очередного элемента на основе известных значений кода-номера предыдущего этапа обработки биномиально-полиадического коэффициента.
3. Осуществлять компактное представления изображений без внесения погрешности на основе устранения трехмерной структурной избыточности, обусловленной учетом различных по физической природе свойств ТСВ одновременно по трем координатам. В качестве оценки

таких свойств используются следующие признаки: по строкам и по столбцам горизонтальных сечений соответственно величина усеченного динамического диапазона и значения суммы элементов с усеченным диапазоном, а по вертикалям трехмерных структур видеоданных – значения сумм последовательностей зависимых от исходного биномиально-полиадического числа.

## 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. *Галлагер Р.Г. Адаптивный код Хаффмена // ТИИЭР. – 1978. – № 6. – С. 668 – 674.*
4. *Зив Дж. Алгоритм универсального сжатия данных // Проблемы передачи информации. – 1996. – № 2. – С. 47 – 55.*
5. *Королев А.В. Обобщенная оценка информативности по отдельному признаку // Проблемы бионики. – 2002. – Вып. X. – С. 56 – 59.*
6. *Королёв А.В. Версификационная избыточность изображений // Информационно-керуючі системи на залізничному транспорті. – 2002. – № 2. – С. 26 – 30.*
7. *Баранник В.В. Метод трехмерного кодирования данных // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2003. – Вип. 1. – С. 42 – 46.*
8. *Баранник В.В. Трехмерная биномиально-полиадическая нумерация // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ. – 2004. – Вип. 2. – С. 3 – 7.*

*Поступила 4.08.2004*

**БАРАННИК Владимир Викторович**, старший научный сотрудник, канд. техн. наук, старший научный сотрудник Харьковского университета Воздушных Сил. В 1994 году окончил ХВУ. Область научных интересов – обработка и передача информации.

---