

МЕТОД ТРЕХМЕРНОГО КОДИРОВАНИЯ ДАННЫХ

к.т.н. В.В. Баранник
(представил проф. А.В. Королёв)

Доказана теорема о трехмерной полиадической нумерации. Разработан метод компактного представления трехмерных структур данных. Проводятся исследования разработанного метода по степени сжатия видеоданных.

Введение. Анализ существующих методов сжатия выявил, что они не обеспечивают доведение требуемых объемов информации (порядка 10^3 Гбит/с) в реальном времени [1 – 3]. Одним из направлений решения данной проблемы является трехмерная обработка данных. Это обусловлено выявлением дополнительных структурных характеристик в результате трехмерной организации фрагментов изображения. В тоже время существующие методы трехмерной обработки не обеспечивают необходимую степень сжатия в реальном времени. Это вызвано устранением в основном статистической и психовизуальной избыточности [1 – 3].

Цель статьи. Повысить объем информации, доводимой в реальном времени за счет трехмерной обработки. Для этого требуется разработать метод компактного представления на основе устранения структурной избыточности одновременно по трем направлениям.

Выбор структурной характеристики. В качестве структурной характеристики предлагается выбрать значение динамического диапазона. Это обусловлено ограниченностью и неравномерностью динамических диапазонов для трехмерной организации данных. Сжатие данных за счет учета ограниченности и неравномерности диапазонов обеспечивается на основе полиадического кодирования. Однако, существующие методы полиадического кодирования являются двумерными [4, 5]. Поэтому для одновременного устранения избыточности по трем направлениям требуется разработать трехмерную полиадическую нумерацию.

Разработка трехмерной полиадической нумерации. Для обоснования возможности присвоения трехмерному полиадическому числу (ТПЧ) код-номера сформулируем и докажем следующую теорему.

Теорема о трехмерной полиадической нумерации. Всякой целочисленной трехмерной структуре данных

$$A_v = \{a_{jiz}\}; 1 \leq j \leq n_{\text{стб}}; 1 \leq i \leq n_{\text{стр}}; 1 \leq z \leq n_c$$

можно присвоить полиадический код-номер N_v :

$$N_v = \sum_{j=1}^{n_{\text{стб}}} \sum_{i=1}^{n_{\text{стр}}} \sum_{z=1}^{n_c} a_{jiz} \omega_{jiz}; \quad (1)$$

$$\omega_{jiz} = \prod_{\gamma=z+1}^{n_c} \psi_{j\gamma} \prod_{k=i+1}^{n_{\text{стр}}} \prod_{\gamma=1}^{n_c} \psi_{jk\gamma} \prod_{\eta=j+1}^{n_{\text{стб}}} \prod_{k=1}^{n_{\text{стр}}} \prod_{\gamma=1}^{n_c} \psi_{\eta k\gamma}; \quad (2)$$

$$\psi_{jiz} = \min \left\{ \lambda_j^{(z)}; \lambda_i^{(z)}; \lambda_{ji}^{(z)} \right\}; \quad (3)$$

$$\lambda_j^{(z)} = \max_{1 \leq i \leq n_{\text{стр}}} \{a_{jiz}\} + 1; \lambda_i^{(z)} = \max_{1 \leq j \leq n_{\text{стб}}} \{a_{jiz}\} + 1; \lambda_{ji}^{(z)} = \max_{1 \leq z \leq n_c} \{a_{jiz}\} + 1, \quad (4)$$

где ψ_{jiz} – основание jiz -го разряда трехмерного полиадического числа; $n_{\text{стб}}, n_{\text{стр}}$ – соответственно количество столбцов и количество строк в одном сечении трехмерной структуры, а n_c – количество сечений (длина вертикали); ω_{jiz} – накопленное произведение оснований ψ_{jiz} ; $\lambda_j^{(z)}, \lambda_i^{(z)}$ – увеличенные на 1 максимальные значения элементов соответственно для j -го столбца и i -й строки z -го сечения, а $\lambda_{ji}^{(z)}$ – для ji -й вертикали.

Доказательство. Доказательство теоремы основывается на обосновании того, что отдельные сечения трехмерной структуры данных являются укрупненными разрядами трехмерного полиадического числа. Тогда в единой системе оснований (выражения (3) и (4)) для таких укрупненных разрядов можно вычислить код-номер по формулам (1), (2).

Разработка метода трехмерного полиадического кодирования. При разработке метода сжатия требуется обеспечить наилучшие условия устранения избыточности и исключить случаи переполнения машинного слова. Для этого процесс кодирования должен: проводиться для единой системы оснований с учетом всех разрядов ТПЧ; иметь единое направление вычисления код-номеров для полиадических чисел различного порядка; код-номер должен формироваться для произвольного количества разрядов ТПЧ. Для указанных правил процесс формирования компактного представления трехмерной структуры данных (ТСД) основывается на последовательном укрупнении разрядов ТПЧ по вертикалям, по столбцам и по строкам (*в три этапа*). Для исключения потери информа-

ции из-за переполнения машинного слова предложено проводить сравнение величины основания укрупненного разряда ТЧП с максимально возможным значением числа, представляемого M разрядами.

На первом этапе формируется укрупненный разряд для отдельной вертикали ТСД

$$N_{ji}^{(1)} = a_{jil}; \quad N_{ji}^{(z)} = N_{ji}^{(z-1)} \Psi_{jiz} + a_{jiz} < V_{ji}^{(z)}, \quad (5)$$

где $N_{ji}^{(z)}$, $N_{ji}^{(z-1)}$ – ji -й укрупненный соответственно по z и $z-1$ сечениям разряд трехмерного полиадического числа; $N_{ji}^{(1)}$ – ji -й укрупненный по одному сечению разряд ТПЧ; $V_{ji}^{(z)}$ – основание разряда $N_{ji}^{(z)}$.

Процесс формирования укрупненного разряда ТПЧ для ji -ой вертикали заканчивается тогда, когда будет получен код-номер $N_{ji}^{(n_c)}$.

Второй этап связан с дополнительным укрупнением разрядов $N_{ji}^{(n_c)}$ по строкам

$$N_j^{(1, n_c)} = N_{ji}^{(n_c)}; \quad N_j^{(i, n_c)} = N_j^{(i-1, n_c)} V_{ji}^{(n_c)} + N_{ji}^{(n_c)} < V_j^{(i, n_c)}, \quad (6)$$

где $N_j^{(i, n_c)}$, $N_j^{(i-1, n_c)}$ – j -й укрупненный по n_c сечениям и соответственно по i и $i-1$ -й строки разряд ТПЧ (номер полуплоскости, образованной для j -го столбца с помощью n_c сечений и i -м количеством строк); $N_j^{(1, n_c)}$ – j -й укрупненный по одной строке и по n_c сечениям разряд ТПЧ; $V_j^{(i, n_c)}$ – основание разряда $N_j^{(i, n_c)}$.

Укрупнение j -го разряда ТПЧ по n_c сечениям и по $n_{стр}$ строкам заканчивается когда будет получен код-номер $N_j^{(n_{стр}, n_c)}$.

Код-номер для всей ТСД образуется на **третьем этапе** за счет дополнительного укрупнения разрядов $N_j^{(n_{стр}, n_c)}$ по столбцам

$$N^{(1, n_{стр}, n_c)} = N_1^{(n_{стр}, n_c)}; \quad N^{(j, n_{стр}, n_c)} = N^{(j-1, n_{стр}, n_c)} V_j^{(n_{стр}, n_c)} + N_j^{(n_{стр}, n_c)}, \quad (7)$$

где $N^{(j, n_{стр}, n_c)}$, $N^{(j-1, n_{стр}, n_c)}$ – укрупненные разряды $N_j^{(n_{стр}, n_c)}$ ТПЧ со-

ответственно по j -му и $j-1$ -му столбцу (номер подпараллелепипеда, образованного для n_c сечений, $n_{стр}$ строк и соответственно j -го и $j-1$ -го количества столбцов); $N_j^{(l, n_{стр}, n_c)}$ – код-номер, полученный на основе укрупнения разрядов $N_j^{(n_{стр}, n_c)}$ по первому столбцу.

При этом основанием укрупненного разряда $N_j^{(j, n_{стр}, n_c)}$ является величина $V_j^{(j, n_{стр}, n_c)}$, равная накопленному произведению оснований Ψ_{jiz} для n_c сечений, $n_{стр}$ строк и j -го количества столбцов

$$V_j^{(j, n_{стр}, n_c)} = \prod_{\eta=1}^j \prod_{i=1}^{n_{стр}} \prod_{z=1}^{n_c} \Psi_{\eta iz} = \prod_{\eta=1}^j \prod_{i=1}^{n_{стр}} V_{\eta i}^{(n_c)} = \prod_{\eta=1}^j V_{\eta}^{(n_{стр}, n_c)}. \quad (8)$$

С учетом выражения (8) код-номер N_V для всего ТПЧ равен

$$N_V = N^{(n_{стб}, n_{стр}, n_c)} = N^{(n_{стб}-1, n_{стр}, n_c)} V_{n_{стб}}^{(n_{стр}, n_c)} + N_{n_{стб}}^{(n_{стр}, n_c)}, \quad (9)$$

где $N^{(n_{стб}, n_{стр}, n_c)}$ – укрупненный разряд $N_j^{(n_{стр}, n_c)}$ ТПЧ дополнительно по всем $n_{стб}$ столбцам.

Таким образом, разработан метод компактного представления данных без потери качества на основе трехмерной полиадической нумерации.

Оценка коэффициента сжатия данных разработанным методом. В соответствии с (2) минимальное значение k_{min} коэффициента сжатия для разработанного метода относительно исходного представления находится как

$$k_{min} = \frac{n_{стб} n_{стр} n_c b}{\log_2 \prod_{j=1}^{n_{стб}} \prod_{i=1}^{n_{стр}} \prod_{z=1}^{n_c} \Psi_{jiz} + 1}, \quad (10)$$

где b – количество разрядов, затрачиваемых на представления одного элемента a_{jiz} трехмерной структуры.

Экспериментальная оценка степени компактного представления изображений на основе разработанного метода показала, что: значения коэффициентов сжатия в среднем изменяются в пределах от 1,85 до 7,5 раз в зависимости от степени насыщенности их мелкими деталями и от величины перепада на границе между различными объектами; степень сжатия для трехмерной обра-

ботки на основе предложенного метода в среднем в 1,7 раз превышает степень сжатия для двумерного полиадического кодирования.

Выводы. 1. Сформулирована и доказана теорема о трехмерной полиадической нумерации данных. На основе доказанной теоремы разработан метод компактного представления трехмерных структур данных. В этом случае сжатие данных достигается за счет устранения трехмерной структурной избыточности, обусловленной ограниченностью и неравномерностью динамического диапазона по трем измерениям.

2. Метод трехмерного полиадического кодирования обеспечивает выигрыш по степени сжатия относительно двумерного полиадического кодирования в среднем в 1,7 раз. При этом значения коэффициентов сжатия для разработанного метода изменяются в пределах от 1,85 до 7,5 раз.

ЛИТЕРАТУРА

1. Зубарев Ю.В., Дворкович В.П. *Цифровая обработка телевизионных и компьютерных изображений* – М.: МЦНТИ, 1997. – 212 с.
2. Бондарев В.Н, Трестер Г., Чернега В.С. *Цифровая обработка сигналов: методы и средства.* – Х.: Конус, 2001. – 398 с.
3. Ватолин В.И., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. *Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео.* – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.
4. Королёв А.В., Баранник В.В. *Метод сокращения избыточности изображений // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.* – 2001. – № 2. – С. 85 – 88.
5. Баранник В.В. *Рельефное представление изображений пирамидальным кодированием // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.* – 2001. – № 1. – С. 17 – 25.

Поступила 22.01.2003

БАРАННИК Владимир Викторович, канд. техн. наук, старший научный сотрудник информационно-вычислительного центра ХВУ. В 1994 году окончил ХВУ. Область научных интересов – обработка и передача информации.
