

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАССИВОВ ДЛИН СЕРИЙ В СМЕШАННОМ ПРОСТРАНСТВЕ

В.В. Баранник, П.Н. Гуржий, С.А. Сидченко
(Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба)

Проводится обоснование возможности представления массивов длин серий в смешанном пространстве для дополнительного повышения степени сжатия изображений с выделением серий одинаковых элементов.

массивы длин серий, смешанное пространство

Введение. В последнее десятилетие резко возросли объемы информации, циркулирующей в системах управления и связи. Это приводит к резкому повышению нагрузки на существующие линии каналов связи. Из-за ограниченной пропускной способности каналов связи часть информации может теряться либо устаревать. Развитие подсистем сжатия позволило существенно снизить нагрузки на линии связи и соответственно увеличить время, отводимое на анализ поступившей информации [1, 2]. Поскольку видеоданные являются наиболее информативными среди других видов информации, дальнейшее развитие методов компрессии видеoinформации **является актуальной задачей.** Одним из наиболее эффективных методов сжатия видеоданных является метод, основанный на комбинированном полиадическом кодировании массивов цветовых координат и длин серий [3, 4]. Достоинством данного метода является осуществление сжатия без потери качества, а также снижение ограничений на выбор максимальной длины серии. Однако, ему характерны недостатки, состоящие в том, что: при обработке реалистических изображений с преобладанием серий единичной длины коэффициент сжатия снижается; отбор элементов для полиадического кодирования осуществляется на основе столбцовой схемы. Такая обработка приводит к повышению времени сжатия изображений и уменьшению коэффициента сжатия.

Таким образом, существует необходимость дальнейшего совершенствования данного метода сжатия. Поэтому **целью статьи** является обоснование возможности представления массивов длин серий в смешанном полиадическом пространстве.

Обоснование возможности представления массивов длин серий в смешанном полиадическом пространстве. Рассмотрим физические особенности комбинированного полиадического кодирования массивов длин серий (ДС) [3, 4]:

$$N_{n \text{ инф}}^{(\text{дс})} = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \ell_{ij} h_{ij}^{(\text{дс})}, \quad (1)$$

где $N_{n \text{ инф}}^{(\text{дс})}$ – значение кода-номера, вычисленного для n столбцов по m элементов в каждом; $h_{ij}^{(\text{дс})}$ – весовой коэффициент ℓ_{ij} -го элемента массива длин серий.

Из анализа выражения (1) следует, что на значение коэффициента сжатия влияют размеры обрабатываемых массивов и динамический диапазон ДС. Служебной информацией при кодировании массивов ДС в абсолютном полиадическом пространстве (АПП) являются основания двумерного полиадического числа $\psi_{ij}^{(\text{дс})}$, а при представлении массивов ДС в разностном полиадическом пространстве (РПП) служебной информацией помимо значений $\psi_{ij}^{(\text{дс})}$ будут, также минимальные значения $\mu_i^{(\text{дс})}$ в строках массивов ДС.

При обработке реалистических изображений в массивах ДС характерно появление строк, которые полностью состоят из единичных серий. Поэтому для уменьшения затрат на представление служебной информации и соответственно уменьшения объема кодового представления сжатого изображения предлагается:

1. Проводить кодирование строк массива ДС в абсолютном полиадическом пространстве тогда, когда максимальное значение длины серии $\lambda_i^{(\text{дс})}$ в i -й строке массива ДС равно 1. Проводить кодирование строк массива ДС в разностном полиадическом пространстве, в случае, когда максимальное значение длины серии $\lambda_i^{(\text{дс})}$ в i -й строке массива ДС больше или равно 2.

2. Адаптивно изменять начальный уровень отсчета допустимых кодов-номеров в разностном полиадическом пространстве в зависимости от динамического диапазона ДС.

Обработка изображений с выделением серий характеризуется тем, что минимальное значение элемента массива ДС является 1, значит можно снизить динамический диапазон, уменьшив их значения на единицу. В этом слу-

чае единичные длины серии будут представлены нулевыми значениями. В связи с тем, что единичные серии преобладают в реалистических изображениях, то возможны варианты, когда нулевые элементы будут образовывать полную строку массива ДС. При этом максимальное значение $\lambda_i^{(дс)}$ в этой строке будет равно 1. Следовательно, количество разрядов затрачиваемых на представление кода массива ДС в разностном полиадическом пространстве $R^{(дс)}$ будет равно количеству разрядов, отводимых на представление кода массива ДС в абсолютном полиадическом пространстве $N^{(дс)}$, $R^{(дс)} = N^{(дс)}$. Однако в данном случае будут затрачиваться дополнительные разряды на служебную информацию, т.е. кроме значений $\psi_{ij}^{(дс)}$ для каждой строки будут передаваться значения $\mu_i^{(дс)}$. Для строк, с динамическим диапазоном равным 1 количество разрядов, затрачиваемых на компактное представление массива ДС в разностном полиадическом пространстве, будет меньше чем количество разрядов, отводимых на его компактное представление в абсолютном полиадическом пространстве, $R^{(дс)} < N^{(дс)}$.

Определим количество разрядов, отводимое на представление служебной информации в АПП и РПП:

– при кодировании массива ДС в абсолютном полиадическом пространстве количество разрядов отводимое на представление служебной информации $N_{сл}^{(дс)}$ вычисляется по формуле

$$\log_2 N_{сл}^{(дс)} = (m + n) \log_2 \ell_{max}, \quad (2)$$

где ℓ_{max} – максимальное значение длины серии в массиве ДС; m и n – количество строк и столбцов в обрабатываемом массиве;

– при обработке массива ДС в разностном полиадическом пространстве на количество разрядов, отводимое на представление служебной информации $R_{сл}^{(дс)}$ вычисляется по формуле

$$\log_2 R_{сл}^{(дс)} = (2m + n) \log_2 \ell_{max}. \quad (3)$$

Поэтому для дополнительного повышения коэффициента сжатия предлагается уменьшить количество оснований полиадических чисел, что приведет к уменьшению количества разрядов, отводимых на представление служебной информации. Для этого кодирование массивов ДС будем проводить в смешанном полиадическом пространстве $|Z|$.

Описание смешанного полиадического пространства основывается на векторе ограничений Z

$$Z = \{z_{i1}^{(дс)}, z_{i2}^{(дс)}, \dots, z_{in}^{(дс)}\}; z_{ij}^{(дс)} = \begin{cases} s_{ij}^{(дс)}, & \text{если } \lambda_i^{(дс)} > 1; \\ \psi_{ij}^{(дс)}, & \text{если } \lambda_i^{(дс)} = 1, \end{cases} \quad (4)$$

где $\lambda_i^{(дс)}$ – максимальное значение в i -й строке массива ДС; $s_{ij}^{(дс)}$ – разность между максимальным $\psi_{ij}^{(дс)}$ и минимальным $\mu_i^{(дс)}$ значениями в i -й строке массива ДС:

$$s_{ij}^{(дс)} = \psi_{ij}^{(дс)} - \mu_i^{(дс)}, \quad j = \overline{1, n}; \quad (5)$$

$$\mu_i^{(дс)} = \min_{1 \leq j \leq n} \{\ell_{ij}\}, \quad i = \overline{1, m_{дс}}; \quad \mu_i^{(дс)} \leq \ell_{ij} \leq \psi_{ij}^{(дс)}. \quad (6)$$

Из анализа выражения (6) следует, что значения ДС ℓ_{ij} могут находиться на разном расстоянии от нижнего и верхнего уровней полиадических чисел, т.е.

$$\ell_{ij} - \mu_i^{(дс)} \neq \psi_{ij}^{(дс)} - 1 - \ell_{ij}. \quad (7)$$

Представим левую и правую части неравенства (7) соответственно как $\Delta\ell_{ij}^{(min)}$, $\Delta\ell_{ij}^{(max)}$, равные:

$$\Delta\ell_{ij}^{(min)} = \ell_{ij} - \mu_i^{(дс)}; \quad \Delta\ell_{ij}^{(max)} = \psi_{ij}^{(дс)} - 1 - \ell_{ij}. \quad (8)$$

С учетом соотношений (8) обозначим длину расстояния от текущего массива ДС до минимального и максимального уровней полиадических чисел в смешанном полиадическом пространстве соответственно, как $Q_{инф}^{(min)}$ и $Q_{инф}^{(max)}$:

$$Q_{инф}^{(min)} = \varphi_{min} \left(\omega_{ij}^{(min)} \right); \quad (9)$$

$$Q_{инф}^{(max)} = \varphi_{max} \left(\omega_{ij}^{(max)} \right), \quad (10)$$

где φ_{min} и φ_{max} – операторы кодирования в смешанном полиадическом пространстве для нижнего и верхнего уровней отсчета; $\omega_{ij}^{(min)}$, $\omega_{ij}^{(max)}$ – элементы смешанного полиадического числа, представляющие собой разности между верхним и нижним уровнем полиадических чисел:

$$\omega_{ij}^{(min)} = \begin{cases} \Delta\ell_{ij}^{(min)}, & \text{если } \lambda_i^{(дс)} > 1; \\ \ell_{ij}, & \text{если } \lambda_i^{(дс)} = 1; \end{cases} \quad \omega_{ij}^{(max)} = \begin{cases} \Delta\ell_{ij}^{(max)}, & \text{если } \lambda_i^{(дс)} > 1; \\ \ell_{ij}, & \text{если } \lambda_i^{(дс)} = 1. \end{cases}$$

При этом с учетом соотношения (7) выполняется неравенство $Q_{инф}^{(min)} \neq Q_{инф}^{(max)}$. Значит, для дополнительного уменьшения объ-

ема кодового представления массива ДС предлагается гибко выбирать начальный уровень отсчета кода-номера и производить кодирование параллельно для нижнего и верхнего уровней отсчета, а из двух длин расстояний выбрать минимальное $Q_{\text{инф}}$

$$Q_{\text{инф}} = \min \{Q_{\text{инф}}(\text{min}), Q_{\text{инф}}(\text{max})\}. \quad (11)$$

Количество разрядов, отводимое на представление служебной информации $Q_{\text{сл}}$ массива обработанного в смешанном полиадическом пространстве $|Z|$, в общем случае определяется по формуле

$$\log_2 Q_{\text{сл}} = (ym + n) \log_2 \ell_{\text{max}}, \quad 1 \leq y \leq 2, \quad (12)$$

где y – коэффициент, зависящий от того, какое количество строк массива ДС обработано в разностном полиадическом пространстве. Если все строки представлены в АПП, тогда $y = 1$; если же все строки представлены в РПП, то $y = 0$. В случае, когда одна половина строк массива ДС обработана в РПП, а вторая часть в АПП, тогда $y = 1,5$.

Заключение. В результате перехода к представлению массивов длин серий в смешанном полиадическом пространстве обеспечивается дополнительное уменьшение объема кодового представления массивов длин серий, вызванное: уменьшением динамического диапазона полиадических чисел; дополнительным сокращением длины расстояния между нижним уровнем полиадических чисел и строками массива длин; уменьшением затрат разрядов на передачу служебной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Ватолин В.И., Ратушняк А., Смирнов М., Юкин В. Методы сжатия данных. Устройство архиваторов, сжатие изображений и видео.* – М.: ДИАЛОГ – МИФИ, 2002. – 384 с.
2. *Бондарев В.Н, Трестер Г., Чернега В.С. Цифровая обработка сигналов: методы и средства.* – Севастополь: СевГТУ, 1999. – 398 с.
3. *Баранник В.В., Королева Н.А., Поляков П.Ф. Метод комбинированного полиадического кодирования массивов длин серий // Інформаційно-керуючі системи на залізничному транспорті.* – 2001. – № 5. – С. 42-46.
4. *Баранник В.В., Гуржий П.Н. Кодирование массивов цветowych координат в разностном полиадическом пространстве // Радіоелектронні і комп'ютерні системи.* – 2005. – № 1. – С. 44-49.

Поступила 1.12.2005

Рецензент: доктор технических наук, профессор О.Н. Фоменко,
Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба.